

N° D'ORDRE

19

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE BORDEAUX

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES PHYSIQUES

Par **M^{me} H. BAUDEUF**, née **BAYARD**

Agrégée des Sciences,

Professeur au Lycée de Jeunes Filles de Bordeaux.

1^{re} THÈSE. — ACTION DE LA LUMIÈRE SUR LES FAUX ÉQUILIBRES
ÉLECTRIQUES.

2^e THÈSE. — PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ.

Soutenues le

1908, devant la Commission d'examen.

MM. DUHEM, *Président.*

VÈZES,

MARCHIS,

} *Examineurs.*

BORDEAUX

IMPRIMERIE G. GOUNOUILHOU

9-11, RUE GUIRAUDE, 9-11

1908

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE BORDEAUX

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES PHYSIQUES

Par **M^{me} H. BAUDEUF**, née **BAYARD**

Agrégée des Sciences,

Professeur au Lycée de Jeunes Filles de Bordeaux.

1^{re} THÈSE. — ACTION DE LA LUMIÈRE SUR LES FAUX ÉQUILIBRES
ÉLECTRIQUES.

2^e THÈSE. — PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ.

Soutenues le

1908, devant la Commission d'examen.



MM. DUHEM, *Président.*

VÈZES,

MARCHIS,

} *Examineurs.*

BORDEAUX

IMPRIMERIE G. GOUNOUILHOU

9-11, RUE GUIRAUDE, 9-11

1908

UNIVERSITÉ DE BORDEAUX

FACULTÉ DES SCIENCES

MM.

DOYEN PADÉ Mécanique.

DOYEN HONORAIRE GAYON Chimie.

PROFESSEUR HONORAIRE.. J. PÉREZ.

PROFESSEURS	FALLOT.	Géologie et Minéralogie.
	DUHEM.	Physique théorique
	GOSSART.	Physique expérimentale.
	KUNSTLER.	Anatomie comparée et Embryogénie.
	VÈZES.	Chimie minérale.
	COUSIN.	Calcul infinitésimal.
	SAUVAGEAU.	Botanique.
	VIGOUROUX	Chimie industrielle.
	CH. PÉREZ.	Zoologie et Physiologie animale.
	DEVAUX.	Physiologie végétale.
MARCHIS.	Physique générale.	
PICART.	Astronomie.	

SECRÉTAIRE E. CHAUDRON.

A MONSIEUR P. DUHEM

*Correspondant de l'Institut,
Professeur de Physique théorique à la Faculté des Sciences
de Bordeaux.*

Témoignage
de reconnaissance et de profond respect,

H. BAUDEUF.



Digitized by the Internet Archive
in 2026

PREMIÈRE THÈSE

ACTION

DE LA LUMIÈRE

SUR LES

FAUX ÉQUILIBRES ÉLECTRIQUES

HISTORIQUE

Les nombreuses expériences qui ont été faites sur l'action électrique de la lumière, peuvent être classées en trois groupes, suivant qu'il s'agit de décharges disruptives, de déperdition continue, ou de courants photoélectriques.

§ 1. — Travaux relatifs à la décharge disruptive.

En 1887, Hertz, au cours d'expériences sur la résonance électrique, découvrit l'action de la lumière sur la décharge disruptive.

Dans un important mémoire ⁽¹⁾ il expose les expériences qui conduisent aux résultats suivants :

L'action d'une étincelle d'induction, qu'il appelle « étincelle active » sur une autre étincelle, éclatant entre les boules d'un micromètre, est d'augmenter la longueur maxima de celle-ci, c'est-à-dire d'augmenter, pour une même différence de potentiel, la distance explosive entre les boules de l'excitateur. Cette action est supprimée dès que l'on inter-

(1) *Annalen der Physik und Chemie*, t. XXXI, p. 983; 1887.

pose entre les deux étincelles un écran opaque pour la lumière ultraviolette, tels que des lames de métal, de verre, de paraffine, d'ébonite de résine, de bois, de carton, de porcelaine, d'ivoire, de corne, de mica, des cristaux de sulfate de cuivre, de topaze, etc.

Un écran fait d'un cristal d'alun ou de spath diminue l'action de la lumière, le gypse et le quartz se montrent plus transparents.

Parmi les liquides, l'eau est très transparente, l'acide sulfurique l'éther, l'alcool le sont encore sous faible épaisseur, l'acide chlorhydrique et l'acide azotique le sont moins, enfin la paraffine fondue, le benzène, le pétrole, le sulfure de carbone, les solutions colorées de fuchsine se montrent opaques.

Les gaz sont généralement transparents, sauf le gaz d'éclairage et les vapeurs nitreuses; le chlore, le brome, les vapeurs d'iode, se montrent plus transparents pour cette action que pour la lumière ordinaire.

Hertz établit que l'action de protection des écrans absorbants, ne peut se ramener à un effet de protection électrostatique: car, d'une part, des isolants, qui ne peuvent exercer cette protection, suppriment le phénomène d'allongement de la distance explosive; d'autre part, des grillages métalliques à mailles serrées ne le suppriment pas, alors qu'ils suffisent pour la protection électrostatique.

De plus, l'effet de l'étincelle active ne dépend ni de sa forme, ni de la nature et de la pression du gaz dans lequel elle éclate, à condition que ce gaz soit transparent pour la lumière ultraviolette.

Cet effet se propage en ligne droite, diminue quand la distance augmente, se réfléchit sur les surfaces polies, se réfracte dans un prisme de quartz ou de sel gemme, et y subit une déviation plus grande que celle qu'éprouve la lumière visible.

Hertz en conclut que la cause de l'allongement de la distance explosive est la lumière ultraviolette produite par l'étincelle active. Il put d'ailleurs constater que d'autres sources de lumière produisent le même effet, particulièrement l'arc électrique.

Il essaya l'effet de la lumière solaire en concentrant les rayons solaires à l'aide d'une lentille de quartz; il constatait une faible action, mais une lentille de verre produisait le même effet, et il l'attribua à l'élévation de la température.

Hertz établit enfin que la lumière ultraviolette agit, non pas sur toutes les parties de l'étincelle, mais particulièrement sur le pôle

négalif; que cette action, très faible lorsque ce pôle est une pointe, devient très sensible lorsque l'étincelle éclate entre des boules surtout si l'étincelle est courte. Hertz a reconnu qu'il est nécessaire que la cathode soit bien polie, et que le gaz qui entoure l'étincelle a une grande importance; le phénomène est plus marqué dans l'hydrogène que dans l'air, beaucoup moins intense dans d'autres gaz, notamment dans CO^2 , enfin son intensité augmente quand la pression diminue.

L'année suivante, l'étude du phénomène découvert par Hertz fut reprise par MM. Wiedemann et Ebert (1).

L'étincelle étudiée éclatait entre les boules d'un excitateur dont une des branches communiquait avec la machine de Holtz, l'autre avec le sol par l'intermédiaire d'un tube de Geissler ou d'un téléphone, qui permettait d'étudier plus commodément le phénomène. Ils concentraient la lumière d'une lampe électrique sur l'une ou l'autre des boules avec une lentille de quartz. A l'obscurité, les décharges sont intermittentes et irrégulières, ainsi qu'on le constate, soit par l'aspect du tube de Geissler, soit par le bruit que fait entendre le téléphone. Il en est de même si l'on éclaire seulement l'anode, ou l'air situé entre les deux boules; mais dès que la lumière ultraviolette atteint la cathode, le bruit que produit le téléphone devient un son net, et s'élève d'une quarte environ.

Les auteurs ont étudié avec soin l'effet de la pression du gaz qui entoure l'excitateur. Ils ont constaté que l'intensité du phénomène croît lorsque la pression diminue, mais qu'il y a un maximum pour une pression mesurée par une hauteur de mercure de quelques millimètres.

Hertz avait déjà observé que lorsque la pression devient trop faible, la décharge change de caractère, et il avait renoncé à en continuer l'étude.

MM. Wiedemann et Ebert (2) ont aussi étudié l'influence de la nature des pôles. Ils concluent de leurs expériences, qui ont porté sur un grand nombre de solides et de liquides, que « l'allongement de la distance explosive croît avec le pouvoir absorbant de la cathode pour les rayons actifs ».

La partie du spectre qui se montre active, varie avec la nature du

(1) *Ann. der Physik und Chemie*, t. XXXIII, p. 241.

(2) *Ann. der Physik und Chemie*, t. XXXV, p. 209; 1888.

corps qui forme la cathode; les auteurs ont pu constater que le platine se montre sensible à des rayons qui ont traversé le verre.

MM. Elster et Geitel⁽¹⁾ ont trouvé que les métaux alcalins, les métaux alcalino-terreux, leurs alliages et leurs amalgames sont sensibles à des rayons de longueur d'onde beaucoup plus grande.

Relativement à la distance explosive, Hertz avait déjà constaté que l'allongement produit par la lumière ultraviolette était relativement plus grand pour une étincelle courte que pour une longue étincelle.

MM. Wiedemann et Ebert⁽²⁾ ont montré que l'allongement passe par un maximum pour une distance explosive de quelques millimètres.

En 1890. MM. Elster et Geitel⁽³⁾ ont observé qu'en augmentant la distance explosive, l'allongement dû à la lumière décroissait, devenait nul, qu'enfin, en augmentant encore cette distance, la lumière frappant la cathode produisait une diminution de la distance explosive au lieu d'une augmentation. Ils avaient donc un renversement du phénomène.

Cette étude fut reprise en 1896 par MM. Sella et Majorana⁽⁴⁾ qui étudiaient en même temps l'action des rayons de Röntgen sur l'étincelle éclatant entre des boules de 52 millimètres de diamètre. D'après leurs expériences, le phénomène de Hertz se produit nettement à une distance de 13 millimètres, diminue jusqu'à ce que les boules soient à 3 centimètres, et pour cette distance la lumière ultraviolette n'aurait aucune action.

Ils l'appellent *distance explosive neutre*. A 38 millimètres le phénomène inverse se produit, c'est-à-dire que la lumière ultraviolette retarderait la décharge; d'après ces auteurs, il faudrait éclairer l'anode au lieu de la cathode, dans ce dernier cas, pour avoir la diminution de distance explosive; tandis que, d'après MM. Elster et Geitel, ce serait toujours la cathode qu'il faudrait éclairer.

MM. Sella et Majorana arrivent à cette conclusion que les rayons ultraviolets ont une action analogue à celle des rayons de Röntgen; qu'il y a dans les deux cas une distance explosive neutre, qui varie avec le diamètre des boules, et le gaz dans lequel éclate l'étincelle.

(¹) *Ann. der Physik und Chemie*, t. XLIII, p. 225; 1891.

(²) *Ann. der Physik und Chemie*, t. XXXIII, p. 241; 1888.

(³) *Ann. der Physik und Chemie*, t. XXXIX, p. 232.

(⁴) *Atti della R. Accad. dei Lincei*, série V, t. V, p. 323.

POLARISATION. — Hertz essaya d'étudier l'effet de la polarisation de la lumière sur le phénomène qu'il avait découvert, mais il se heurta à la difficulté provenant de l'absorption des rayons efficaces par les polariseurs. Plus tard, MM. Elster et Geitel ⁽¹⁾ ayant trouvé des métaux sensibles aux radiations lumineuses visibles, purent reprendre cette étude malgré ses difficultés. Ils ont constaté que la lumière a un maximum d'effet quand elle est polarisée perpendiculairement au plan d'incidence, et que l'angle d'incidence est de 60°. Les auteurs pensent que c'est l'angle de polarisation de l'alliage de potassium et de sodium qui formait la cathode sur laquelle ils opéraient.

Ce qui précède résume la plupart des expériences entreprises; mais lorsqu'on lit les mémoires des divers auteurs, on est frappé de la divergence des résultats et de leur variation avec des conditions expérimentales qui sembleraient tout d'abord ne devoir être que de peu d'importance.

C'est ainsi que MM. Sella et Majorana ⁽²⁾ n'ont pu obtenir aucun phénomène lorsque l'anode était au sol, et n'ont pu déterminer les raisons pour lesquelles il était nécessaire de mettre la cathode au sol.

De même, MM. Elster et Geitel ⁽³⁾, dans un mémoire intitulé : *Influence de la lumière sur la forme que prend la décharge d'une machine électrostatique*, disent que cette décharge, ayant lieu sous la forme d'aigrettes ou d'étincelles, produit un grésillement qui cesse au moment où l'on éclaire la cathode; ils constatent que le courant passe encore, mais ne peuvent décider si la cessation du bruit est due à une trop grande fréquence des étincelles, ou à la continuité de la décharge.

M. Swyngedauw ⁽⁴⁾ a montré que pour avoir des résultats comparables, il fallait observer trois règles :

- 1° Faire éclater les étincelles à des intervalles réguliers ;
- 2° Polir les pôles avec une toile d'émeri fin, après chaque étincelle ;
- 3° Se mettre à l'abri de toutes les radiations autres que celles que l'on veut mesurer.

Sans ces précautions on s'expose à des erreurs de l'ordre de grandeur du phénomène étudié. M. Swyngedauw a montré, de plus,

(1) *Ann. der Physik*, t. LV, p. 696; 1895.

(2) *Loc. cit.*

(3) *Wied Ann.*, t. LVII, p. 402.

(4) Thèse 1897, Paris.

que la sensibilité des pôles croît avec leur diamètre, que l'allongement de la distance explosive dépend de la vitesse de charge, et que, « sous l'action des rayons ultraviolets, l'allongement est une *fonction croissante* paire de la variation du potentiel à l'instant où l'étincelle éclate. »

Cette loi explique une curieuse expérience de Hertz : il éloignait progressivement les conducteurs d'une machine de Holtz en activité jusqu'à ce que la décharge cessât aux pôles ; en approchant alors la main de l'un des pôles, il en tirait une petite étincelle, et la décharge éclatait de nouveau. Hertz ne put s'expliquer cette expérience, dont la loi précédente rend compte si l'on remarque la variation rapide du potentiel qui avait lieu au moment où l'on approchait la main.

M. Swyngedauw conclut de ses travaux qu'il est naturel que les auteurs aient trouvé des résultats différents selon le diamètre des pôles qu'ils ont employés, et aussi selon qu'ils opéraient sur des étincelles fournies par des bobines ou par des machines statiques. Il ajoute que l'influence des effluves est très intense et que les résultats relatifs aux grandes distances explosives sont incertains. Enfin que plusieurs des résultats obtenus par M. Warburg sont dus à une oxydation des électrodes qui n'étaient pas polies assez souvent.

§ II. Travaux relatifs à la déperdition continue.

Pour les phénomènes de déperdition, les conclusions des auteurs présentent encore plus de contradictions que pour la décharge disruptive.

DÉPERDITION NÉGATIVE. — Le phénomène à propos duquel les résultats sont les plus concordants est celui de la déperdition négative, qui fut étudié d'abord par Hallwachs (1) en 1888.

Un disque de zinc bien isolé était relié à un électroscope à feuilles. Ce disque, préalablement chargé d'électricité négative, se déchargeait rapidement dès qu'il était éclairé par les rayons violets et ultraviolets.

Peu après, M. Righi (2) établit par d'ingénieuses expériences que

(1) *Annalen der Physik und Chemie*, t. XXXIII, p. 301 ; t. XXXIV, p. 731 ; 1888.

(2) *Atti del R. Inst. Veneto*, t. VII, série VI.

lorsqu'un corps chargé négativement perd, sous l'action de la lumière, cette charge négative, on peut observer l'apparition de charges négatives sur les corps environnants, mais uniquement aux points de ces corps rencontrés par les lignes du champ électrique qui existait autour du corps préalablement chargé. Pour le montrer, M. Righi interceptait, à l'aide d'un écran découpé, les lignes de champ existant entre un disque métallique éclairé et chargé négativement, et une plaque d'ébonite.

Après avoir fait agir la lumière, il projetait sur l'ébonite une poudre faite d'un mélange de soufre et de minium, et obtenait l'image en rouge de la découpe.

L'auteur emploie aussi un cylindre de laiton dont la surface a été recouverte d'un vernis empêchant la déperdition, sauf sur une de ses génératrices, et l'on peut facilement déterminer les points où les lignes de champ issues du métal vont frapper un plan voisin.

M. Righi pense que des masses négatives transportées par les molécules de l'air, quittent le corps éclairé en remontant les lignes de force.

DÉPERDITION POSITIVE. — D'après Hallwachs, l'électroscope ne présente pas de déperdition sensible sous l'influence des rayons ultraviolets, s'il est chargé positivement. Il en est de même si les radiations ne frappent pas le disque métallique électrisé négativement, et si l'on éclaire seulement l'air environnant.

M. Righi (1) observe aussi que la lumière n'a pas d'action sur les corps chargés positivement.

M. Branly (2), au contraire, conclut de ses expériences que lorsque la source des radiations est une étincelle, la déperdition est sensiblement égale pour les charges positives et négatives.

MM. Elster et Geitel (3), qui avaient déjà fait de très belles expériences sur la déperdition négative, sur la variation de la vitesse de décharge avec la nature de la cathode, et la longueur d'onde des radiations, reprirent avec grand soin les expériences de M. Branly, mais ne purent obtenir la déperdition positive, et attribuèrent les résultats de M. Branly à des réflexions perturbatrices.

(1) *Loc. cit.*

(2) *J. de Physique*, 1893, p. 498.

(3) *Wied. Ann.*, t. LVII, p. 24; 1896.

M. Zeleny (1) dit que même aux températures élevées, la lumière ne semble pas avoir d'influence sur la déperdition des charges positives.

M. Lenard (2) a constaté que dans un espace irradié parfaitement clos, la déperdition des charges positives et négatives, se produit avec des vitesses à peu près égales, que l'air soit immobile ou en mouvement; cependant, avec un fort courant d'air les charges positives disparaissent plus vite.

Parmi les nombreuses expériences faites par M. Lénard on peut citer celle-ci (3) :

Une lame d'aluminium, isolée et reliée à un électroscope d'Exner, était placée à 3 centimètres d'une fenêtre de quartz enchassée dans une grande feuille de zinc reliée au sol. L'étincelle jaillissait à 5 millimètres de l'autre côté de la fenêtre. Dans ces conditions la plaque se déchargeait presque aussi vite si elle était chargée positivement que si elle était négative.

D'après l'auteur cette décharge n'est pas un phénomène de même nature que la déperdition négative, car la surface éclairée n'a pas dans ce cas, l'importance si caractéristique que l'on a constatée lorsqu'il s'agit de la décharge négative. On pouvait couvrir la surface de l'aluminium de papier humecté d'eau, la polir ou laisser oxyder sans modifier la déperdition.

D'ailleurs, dans un autre mémoire (4) M. Lenard parle du caractère rigoureusement unipolaire de l'effet photoélectrique, mis hors de doute par MM. Elster et Geitel.

Plus tard (5) M. Lénard expose une série d'expériences dans lesquelles des conducteurs électrisés, qui sont placés en dehors d'un faisceau de lumière ultraviolette, se propageant librement dans l'air, sont déchargés, et cela, beaucoup plus vite s'ils sont électrisés positivement, que s'ils le sont négativement.

Les conducteurs sont recouverts d'une mince couche d'eau de savon pour éliminer les perturbations provenant de l'effet Hertz-Hallwachs (déperdition négative). L'auteur attribue les effets de déperdition posi-

(1) *Physical Rev.*, t. XII, p. 321.

(2) *Annalen der Physik*, t. III, p. 398; 1900.

(3) *Annalen der Physik*, t. II, p. 359; 1900. — *Ions, Électrons, Corpuscules*, ouvrage publié par la Société de Physique en 1905, p. 399.

(4) *Annalen der Physik*, t. I, p. 486; 1900. — *Ions, Électrons, Corpuscules*, p. 419.

(5) *Annalen der Physik*, t. III, p. 298; 1900.

tive qu'il observe à un apport d'électricité négative venant de l'air irradié, qui s'ioniserait sous l'action de la lumière.

Cette conclusion est contraire aux faits constatés par plusieurs autres expérimentateurs, parmi lesquels on peut citer :

M. Henry ⁽¹⁾ qui n'a pu observer aucune conductibilité produite dans les gaz par les rayons ultraviolets, même dans les vapeurs d'iode et d'iodure de méthyle qui cependant s'ionisaient très bien sous l'action des rayons de Röntgen.

M. Rutherford ⁽²⁾ qui dit expressément que pour obtenir la décharge par les rayons ultraviolets, la lumière doit tomber sur une surface chargée négativement, et qu'aucune décharge ne se produit dans un condensateur, si le faisceau lumineux arrive entre les deux plateaux. M. Rutherford note qu'il y a là une différence essentielle entre le mode d'action des rayons ultraviolets et des rayons de Röntgen.

M. Buisson ⁽³⁾ constate aussi que la lumière ultraviolette agit uniquement à la cathode, et ne rend pas l'air conducteur.

Ces opinions contradictoires, qu'il s'agisse de l'existence de la déperdition positive, ou de l'action des rayons ultraviolets sur les gaz, montrent que la question n'a pas reçu de solution définitive.

CHARGE POSITIVE. — M. Righi ⁽⁴⁾ est le premier qui ait obtenu une charge positive sur un conducteur éclairé, primitivement à l'état neutre. Cette charge est de l'ordre du volt.

Un disque de laiton était relié à l'une des paires de quadrants d'un électromètre très sensible; l'autre paire était reliée au sol et à une toile en fils de zinc. La distance du disque à la toile était de quelques millimètres. Les deux conducteurs étaient d'abord mis au sol, puis le disque était isolé, et éclairé au travers de la toile; l'aiguille de l'électromètre éprouvait alors une déviation indiquant une charge positive du disque.

Si l'on écartait alors la toile du disque, cette déviation demeurait constante; M. Righi en conclut que la lumière avait eu pour effet de mettre les deux métaux au même potentiel, et il indiqua cette expérience comme pouvant servir à mesurer la différence de potentiel au

⁽¹⁾ *Proc. Cambr.*, t. IX, p. 319; 1897.

⁽²⁾ *Proc. Cambr.*, t. IX, p. 401.

⁽³⁾ Thèse Paris, 1901.

⁽⁴⁾ *Atti della R. Accad. dei Lincei*, 1^{re} sem., p. 185; 1888.

contact de deux métaux. L'auteur remarque que l'air éclairé agit comme un liquide électrolytique et égalise les potentiels : l'ensemble du disque de laiton et de la toile de zinc forme un couple « photoélectrique » et plusieurs couples semblables forment un ensemble analogue à une pile en circuit ouvert. Si le disque plein était en zinc, la toile en laiton, l'aiguille de l'électromètre éprouvait une déviation égale à la précédente, mais de sens contraire.

Dans une autre série d'expériences (1), M. Righi envoie les radiations ultraviolettes sur une lame métallique A très légère et mobile autour d'un axe vertical de suspension. Si cette plaque A n'est pas chargée, ou l'est positivement, il ne constate que de petites oscillations irrégulières ; mais, si elle est en communication avec le pôle négatif d'une pile, elle subit une déviation comme si elle était repoussée par les radiations.

M. Righi (2) obtenait aussi une charge positive (toujours très petite et mesurée par une fraction de volt) en éclairant une plaque métallique, placée dans un cylindre de même métal relié au sol. La plaque était soutenue par une tige de même métal qui était reliée à l'électromètre placé à l'extérieur.

Le potentiel final ne dépend pas de la capacité de la plaque, mais celle-ci se charge, jusqu'à ce que sa densité électrique superficielle, ait atteint une certaine valeur, constante pour chaque métal. Si on lui donne un potentiel trop grand, les radiations le font diminuer jusqu'à ce que la densité ait atteint de nouveau cette valeur constante.

Ce fait paraît être en contradiction avec l'un des premiers résultats trouvés par M. Righi relativement à l'égalisation des potentiels ; mais ce serait seulement à une distance extrêmement faible, que l'on pourrait établir cette égalisation. D'après l'auteur, les petites charges positives obtenues sous l'action de la lumière ultraviolette constituent un phénomène de même nature que la déperdition négative.

M. Lenard (3) n'a pu obtenir la charge positive d'un disque métallique sous l'action des rayons ultraviolets que dans un vide très élevé, et le potentiel maximum qu'il obtient est de 2 volts 1.

MM. Bichat et Blondlot (4) obtenaient sur une plaque de zinc isolée

(1) *Atti d. Accad. dei Lincei*, 1888, 1^{re} sem., p. 578.

(2) *C. R.*, 107, p. 559.

(3) *Ann. der Physik*, t. II, p. 359; 1900.

(4) *C. R.*, 107, p. 29; 1888.

une charge positive dont le potentiel approchait de 2 volts sous l'action de la lumière seule; et ils purent élever ce potentiel à 15 volts en faisant agir sur la plaque un fort courant d'air. Cependant, les mêmes auteurs (1) disent que dans certaines circonstances, qu'ils n'ont pu définir, le courant d'air produisait au contraire une diminution de la charge. Ils considèrent ce dernier fait comme exceptionnel.

M. Bichat (1) parle d'une plaque chargée positivement, qui se déchargeait sous l'action de la lumière, et se rechargeait lorsqu'elle recevait un courant d'air.

M. Lénard (2), au contraire, dit que le courant d'air favorise la décharge positive.

D'après ce qui précède, si l'on met à part les cas où l'on a fait agir de forts courants d'air (dont le mode d'action n'est pas nettement établi), on voit que les charges positives obtenues jusqu'à présent ont été très faibles.

NATURE DES RADIATIONS ACTIVES DANS LES PHÉNOMÈNES DE DÉPERDITION. — Dès ses premières expériences, Hallwachs (3) avait constaté que les radiations actives étaient surtout les radiations violettes et ultraviolettes. Ce sont en effet les corps transparents pour ces radiations qui laissent passer les rayons efficaces. Le gypse même mouillé d'une couche d'eau, le quartz et le spath fluor sont transparents; le verre et le mica, au contraire, sont opaques.

Une étude plus détaillée a montré que chaque métal est sensible à un certain groupe de radiations, groupe qui varie d'un métal à un autre.

MM. Elster et Geitel (4) ont trouvé que, pour le potassium pur, le maximum d'effet est dans le bleu, et que toutes les radiations se montrent actives jusqu'au rouge.

Pour le rubidium, toutes les radiations visibles sont actives, et le maximum a lieu dans le jaune. En général le potassium, le sodium, leurs alliages et leurs amalgames sont très sensibles aux radiations visibles, ils éprouvent la déperdition négative devant la flamme d'une bougie ou un bâton de verre chauffé au rouge.

(1) *J. de Physique*, t. VIII, p. 245; 1889.

(2) *Annalen der Physik*, 4^e série, t. I, janvier 1900.

(3) *Wied. Ann.*, t. XXXVII, 1889, p. 666.

(4) *Wied. Ann.*, t. XLIII, p. 225.

La plupart des métaux usuels, au contraire, ne présentent aucune déperdition sensible s'ils sont frappés par des radiations ayant traversé le verre, le mica, ou tout autre corps opaque pour les rayons ultraviolets.

M. Righi ⁽¹⁾ n'obtenait pas avec la lumière solaire les phénomènes qu'il avait découverts.

D'après MM. Elster et Geitel ⁽²⁾, l'étain, le plomb, le cuivre, le fer et le platine ne sont pas sensibles à la lumière du jour.

M. J.-J. Thomson ⁽³⁾ dit que, pour obtenir les effets photoélectriques, il faut employer la lampe à arc, le magnésium ou la décharge d'une bobine d'induction.

M. Lenard emploie des étincelles d'induction éclatant entre des pointes d'aluminium, de cadmium, de zinc, d'étain, de plomb ou de magnésium; il obtient ainsi des sources très riches en rayons ultraviolets de petite longueur d'onde et, se plaçant à moins de 2 centimètres de l'étincelle, dans l'air, il a des radiations qui produisent la condensation d'un jet de vapeur.

Ces radiations traversent 10 millimètres de quartz, 25 millimètres de sel gemme ou de fluorine, 22 millimètres de gypse. Elles traversent aussi le vide fait entre deux lames de quartz. M. Lenard ⁽⁴⁾ a mesuré leur longueur d'onde à l'aide de l'image formée par une lentille de quartz, et trouve qu'elle est comprise entre $0^{\mu},1$ et $0^{\mu},2$.

Cette faible longueur d'onde peut permettre d'expliquer quelques-unes des divergences qui existent entre les résultats obtenus par M. Lenard et ceux auxquels sont arrivés la plupart des autres expérimentateurs.

Dans certains cas, en effet, les radiations employées ne sont pas les mêmes.

Enfin, MM. Ramsay et Spencer ⁽⁵⁾, dans les nombreuses expériences qu'ils ont faites pour comparer les vitesses de déperdition des divers corps, ont employé la lampe à mercure.

NATURE DES CORPS QUI ÉPROUVENT UNE DÉPERDITION ÉLECTRIQUE SOUS L'INFLUENCE DE LA LUMIÈRE. — Presque tous les métaux éprouvent la

⁽¹⁾ *Atti d. R. Accad. dei Lincei*, 1888, 2^e sem., p. 66.

⁽²⁾ *Loc. cit.*

⁽³⁾ *Conduction of electricity through gases*, p. 212.

⁽⁴⁾ *Ann. der Physik.*, t. I, p. 486; 1900.

⁽⁵⁾ *Phil. Mag.*, octobre 1906.

déperdition électrique sous l'influence de la lumière, et les auteurs admettent généralement que leur sensibilité les classe dans l'ordre trouvé par Volta pour la différence de potentiel au contact.

MM. Elster et Geitel (1) rangent les métaux dans l'ordre suivant relativement à leur pouvoir de décharge négative :

Rubidium, potassium pur, alliage de potassium et de sodium KNa, sodium, lithium, magnésium, zinc.

Le mercure est très peu sensible.

M. Righi (2) a étudié la déperdition subie par des disques de bois, de soufre, d'ébonite, etc., et trouve que ces corps se comportent comme les métaux ; le verre et la paraffine lui ont paru beaucoup moins sensibles.

Hallwachs (3), qui avait étudié la déperdition pour un grand nombre de substances, dit que celles qui présentent ce phénomène, sont celles qui absorbent la lumière ultraviolette.

MM. Bichat et Blondlot (4) constatent aussi qu'une lame d'eau, qui est parfaitement transparente pour les rayons ultraviolets, ne se décharge pas si elle est chargée négativement.

M. Buisson (5) a étudié la déperdition de la glace ; sèche, elle présente le phénomène de décharge, tandis qu'elle se montre insensible aux radiations si elle est humide.

M. J.-J. Thomson (6) a montré que les sulfures, les iodures, plusieurs couleurs d'aniline à l'état solide ou en solutions aqueuses présentent ce phénomène, tandis que les sulfates ne sont pas sensibles.

Des expériences très détaillées sur ce sujet ont été reprises par MM. Ramsay et Spencer (7), qui donnent de longues listes de corps rangés par ordre de sensibilité. Parmi les nombreux métaux qu'ils ont étudiés, le magnésium et l'aluminium seraient les plus sensibles ; puis l'ordre pour les métaux usuels serait :

Zinc, étain, plomb, or, nickel, cuivre, argent, fer, mercure, sélénium, etc.

(1) *Wied. Ann.*, t. XXXVIII, p. 497, et t. XLIII, p. 225.

(2) *Nuovo Cimento*, 1889, et *Atti della R. A. d. Lincei*, 1888, p. 691.

(3) *Wied. Ann.*, t. XXXVII, p. 666.

(4) *C. R.*, 106, p. 1349.

(5) *J. de Physique*, 1900, p. 91.

(6) *Conduc. of electr. through gases*, p. 212 et suiv.

(7) *Phil. Mag.*, octobre 1906.

Ces derniers corps donnent des durées de décharge voisines de la déperdition qui se produit sans lumière et qui est due au défaut d'isolement.

Les auteurs remarquent que la sensibilité d'un métal dépend de son état de pureté et du moyen par lequel il a été obtenu, c'est ainsi que le fer électrolytique a une vitesse de déperdition trois fois plus grande que le fer ordinaire.

MM. Ramsay et Spencer pensent que les métaux doivent être classés, relativement à leur vitesse de déperdition, dans l'ordre de la série de Volta.

Lorsqu'il se présente des exceptions, ils les attribuent à un certain « état passif » des métaux.

Il nous paraît difficile de faire un classement de la sensibilité des métaux sans tenir compte de la longueur d'onde des radiations que l'on fait agir, car certains métaux, le cuivre par exemple, à peu près insensible à la lumière du jour, devient très sensible, au contraire, s'il est éclairé par l'arc électrique, et il est très probable que l'ordre de sensibilité changerait avec la longueur d'onde de la lumière.

MM. Ramsay et Spencer ont fait ensuite des études sur la déperdition subie par les sulfures et les iodures de divers métaux, l'ordre dans lequel on doit ranger ces sels, relativement à l'intensité de la déperdition qu'ils subissent, n'est pas le même que l'ordre des métaux dont ils sont formés.

Le mémoire contient de nombreuses tables relatives à la vitesse de décharge de divers métaux et de divers sels.

Enfin, la plupart des auteurs s'accordent à considérer comme très important l'état de la surface du métal. Un métal récemment poli ou dont la surface est très brillante est beaucoup plus sensible que lorsque sa surface est ternie par une légère couche d'oxyde. C'est cette oxydation qui produirait l'« état passif » noté par MM. Ramsay et Spencer. Ils appellent « fatigue du métal » le ralentissement que l'on observe dans la déperdition de certains métaux, lorsque leur surface n'a pas été polie récemment, et donnent des tables relatives à la « fatigue » du magnésium et du zinc.

INFLUENCE DE LA PRESSION ET DE LA NATURE DU GAZ ENVIRONNANT.

— La plupart des expérimentateurs ayant trouvé que le phénomène de

déperdition était très faible dans l'air à la pression ordinaire, ont étudié ce phénomène dans les gaz raréfiés.

Ils ont constaté que lorsque la pression diminue, la déperdition devient plus rapide.

D'après M. Righi (1), la charge positive que prend un métal éclairé augmente lorsque la pression diminue. (Le potentiel obtenu est toujours très faible et d'environ 1 ou 2 volts.)

Sous de faibles pressions, la densité maximum de l'électricité à la surface du métal n'est plus constante pour un même métal, comme cela avait lieu dans l'air à la pression ordinaire. Cette densité augmente si la distance entre la plaque qui se charge et la toile métallique diminue.

Dans un autre mémoire (2), M. Righi annonce qu'il y a un maximum de l'action de la lumière quand la pression de l'air atteint un demi-millimètre.

Il constate aussi un maximum d'effet lorsque les deux conducteurs sont à une distance de 10 centimètres l'un de l'autre, et dit que ce fait est anormal et inexpliqué (3).

M. Righi constate aussi que dans l'air raréfié l'électricité, au lieu de suivre les lignes de force, se diffuse davantage, et que les trajectoires suivies par les masses négatives tendent à devenir rectilignes.

M. Lénard (4) a particulièrement étudié le phénomène de déperdition dans le vide extrême.

Il se servait d'un appareil de verre, muni d'électrodes scellées, dans lequel la lumière pénétrait par une fenêtre de quartz. Cette lumière était fournie par une étincelle d'induction éclatant entre des pôles de zinc.

On obtient ainsi une lumière très riche en radiations de petite longueur d'onde.

Une grande plaque métallique au sol, percée seulement d'une ouverture en face de la fenêtre de quartz, sert d'écran électrique.

La lumière arrive sur un disque en aluminium poli, relié à un électroscope, et chargé négativement.

On fait d'abord le vide dans l'appareil à l'aide de la trompe, puis

(1) *Atti della R. Accad. dei Lincei*, 1888, p. 66, 2^e fascicule.

(2) *Atti della R. Accad. dei Lincei*, 1890, 2^e fasc., p. 81.

(3) Nous avons déjà vu un fait analogue dans la décharge disruptive.

(4) *Ann. der Physik und Chemie*, 1900, t. II, p. 359, et *Ions, Électrons, Corpuscules*, p. 401.

pour augmenter la raréfaction, on fait passer des décharges électriques jusqu'à ce que la décharge cesse de traverser l'espace entre les électrodes, et se produise en suivant les parois.

Les résultats des expériences de M. Lénard sont :

1° Que la lumière agit dans le vide extrême comme dans l'air, et il en conclut que « l'effet photo-électrique n'a rien à voir avec l'air » ;

2° Que la quantité d'électricité perdue dans un même temps ne dépend pas du potentiel auquel est portée la cathode, dès que ce potentiel surpasse 100 volts ;

3° Que si le disque éclairé n'est pas chargé, il prend une charge positive qui porte son potentiel à 2 volts 1 ;

4° Que le disque métallique frappé par les rayons ultraviolets émet des rayons cathodiques ; et l'auteur fait remarquer que c'est la première manière connue d'en produire dans le vide extrême ;

5° Qu'un champ magnétique dévie ces rayons cathodiques.

MM. Elster et Geitel⁽¹⁾ avaient déjà observé que, dans certains cas, un champ magnétique retarde la décharge.

D'autre part, M. Righi⁽²⁾ a constaté qu'un champ magnétique tend à faire cesser le phénomène anormal de l'augmentation de la déperdition par l'éloignement des plaques.

En présence d'un électro-aimant ou même d'un aimant, la déperdition décroît régulièrement quand on fait croître la distance du disque éclairé au réseau.

Il nous semble utile de remarquer que toutes les expériences faites dans les gaz raréfiés ont lieu forcément dans des espaces clos de petites dimensions. Les belles expériences de MM. Elster et Geitel sur l'augmentation de la conductivité de l'air des espaces clos, au cours du temps, amènent à penser que beaucoup de causes d'erreur peuvent intervenir et que les phénomènes produits dans ces appareils peuvent n'être pas du tout comparables à ceux que l'on obtient à l'air libre, surtout après le passage, le long des parois, de fortes décharges électriques.

INFLUENCE DE LA TEMPÉRATURE. — M. Righi avait déjà constaté que la densité électrique maximum que peut prendre un métal, augmente avec la température.

(1) *Wied. Ann.*, t. XLI, p. 166.

(2) *Atti della R. Accad. dei Lincei*, 1890, 2^e fasc.

M. Zeleny ⁽¹⁾ a étudié la variation de la déperdition quand on chauffe le métal. Le phénomène passe par un maximum. De plus, la décharge, pour une température donnée, est plus rapide, quand on étudie le phénomène, pour des températures formant une série décroissante, que lorsqu'on l'observe pour des températures formant une série croissante. Le phénomène présenterait donc une sorte d'hystérésis.

§ III. — Travaux relatifs aux courants photo-électriques.

Les premières études faites sur l'intensité des courants déterminés par la lumière au travers des gaz sont dues à M. Stoletow ⁽²⁾.

Ces expériences eurent lieu en même temps que celles de M. Righi (citées plus haut) et furent faites avec des appareils à peu près semblables ; mais M. Righi étudiait à l'aide d'un électromètre la variation du potentiel de la plaque éclairée, tandis que M. Stoletow observait à l'aide d'un galvanomètre l'intensité du courant que la lumière produisait dans un circuit conducteur interrompu par une couche d'air.

M. Stoletow se servait aussi de deux disques ; l'un plein, l'autre formé d'un réseau de fils de métal. Le disque plein était relié au pôle négatif d'une pile dont le pôle positif était relié au réseau. Un galvanomètre était intercalé sur le circuit. Dès qu'on éclairait le disque plein au travers du réseau, le galvanomètre accusait le passage d'un courant. Si le disque était relié au pôle positif de la pile, le courant devenait extrêmement faible. Lorsque le disque est relié au pôle négatif, et surtout s'il est récemment poli, on obtient des courants appréciables (de l'ordre 10^{-9} ampères).

Les conclusions de M. Stoletow sont les suivantes :

1^o Si l'on diminue la surface éclairée, le courant diminue proportionnellement.

2^o L'intensité i du courant, pour une même force électromotrice E de la pile, varie avec la distance l des disques suivant une loi exprimée par

$$i = \frac{E}{a + bl}$$

a et b étant deux constantes.

⁽¹⁾ *Physical Review*, t. XII, p. 321 ; 1901.

⁽²⁾ *C. R.*, 106, p. 1149.

3° Quand la force électromotrice E de la pile augmente, l'intensité du courant augmente, mais plus lentement.

Si les deux disques sont faits de métaux différents et si le métal du disque plein est plus négatif que celui qui constitue le réseau, on peut obtenir un courant sans pile.

M. Stoletow a opéré avec des disques dont la distance variait de 2 ou 3 millimètres à 10 centimètres. Il constate que si l'on rapproche les disques jusqu'au contact, le courant croît d'abord, passe par zéro et change de signe.

Sans connaître les résultats de M. Righi, l'auteur arrive aux mêmes conclusions relativement à la mesure de la différence de potentiel au contact de deux métaux et à l'emploi de métaux dans l'arc voltaïque pour en renforcer l'effet.

A propos de la note de M. Stoletow dans les *Comptes rendus*, M. E. Becquerel ⁽¹⁾ fit observer qu'entre les deux disques la couche d'air devait être plus ou moins échauffée par les rayons issus de l'arc, et que les effets obtenus par M. Stoletow lui paraissaient analogues à ceux qu'il avait observés en 1853 ⁽²⁾.

A cette époque, M. E. Becquerel avait publié un important mémoire dans lequel il établissait qu'à partir de la température du rouge l'air devenait conducteur.

Dans les expériences de MM. Righi et Stoletow, pour lesquelles M. Becquerel réclamait la priorité, l'effet est dû non à l'échauffement de l'air, mais à son éclaircissement par les radiations ultraviolettes, ainsi que de nombreuses expériences l'ont démontré.

Dans un autre mémoire, M. Stoletow ⁽³⁾ établit que l'action ne se produit que si les rayons que l'on fait agir sont absorbés par l'électrode négative.

Plus un liquide est opaque pour les radiations employées, plus le courant obtenu est intense lorsqu'on prend ce liquide pour électrode négative.

L'auteur a étudié ensuite ⁽⁴⁾ de nouveau les variations de l'intensité du courant avec la distance l des disques et la force électromotrice E de la pile.

(1) *C. R.*, 106, p. 1213.

(2) *Annales de Physique et de Chimie*, 3^e série, t. XXXIX, p. 355.

(3) *C. R.*, 106, p. 1593.

(4) *C. R.*, 108, p. 1241.

Si l varie de 2 millimètres à 50 millimètres et E de 1 élément Clark à 100, l'effet demeure constant en même temps que $\frac{E}{l}$.

Il établit aussi que l'effet de la lumière ultraviolette est sensiblement instantané; que si l'on augmente la force électromotrice, l'intensité du courant augmente de moins en moins et tend vers une valeur constante.

On a alors une sorte de saturation. Cette saturation devient moins nette aux faibles pressions (1), disparaît tout à fait à la « pression critique » (2) et reparait aux basses pressions. M. Stoletow en déduit que l'air prend une part directe à la convection photo-électrique.

MM. Elster et Geitel (3) ont étudié l'effet de la polarisation et de l'angle d'incidence de la lumière sur le courant photo-électrique.

Sur un circuit de 250 volts, ils interposaient un galvanomètre et une coupelle contenant un amalgame de sodium et de potassium.

La surface horizontale de l'amalgame relié au pôle négatif de la pile était éclairée par de la lumière polarisée à l'aide d'un nicol. La déviation du galvanomètre est maxima quand le plan de polarisation est perpendiculaire au plan d'incidence et que l'angle d'incidence est de 60° environ.

Les résultats sont donc les mêmes dans le cas des courants photo-électriques que dans le cas de la décharge disruptive et de la déperdition.

M. Townsend (4) a étudié le courant produit entre un quartz argenté et un plateau de zinc éclairé au travers du quartz par une étincelle éclatant entre des pôles d'aluminium.

Ce courant était produit dans un appareil de verre et d'ébonite à l'intérieur duquel on pouvait introduire divers gaz et faire varier la pression.

Dans cet appareil, le courant croît avec la distance des plaques pour une même pression et augmente quand la pression diminue pour une même distance; ce courant passe cependant par un maximum pour

(1) *J. de Physique*, 1890, p. 468.

(2) M. Stoletow appelle « pression critique » celle pour laquelle l'intensité du courant atteint son maximum, et dit que cette pression est proportionnelle à la force électromotrice.

(3) *Wied. Ann.*, t. LII, p. 332; t. LV, p. 684; t. LXI, p. 445; t. LXII, p. 599.

(4) *Phil. Mag.*, 1902, t. III, p. 557.

une certaine pression. Lorsqu'on fait croître le champ, l'intensité du courant croît, mais beaucoup moins vite; dans l'acide carbonique, l'intensité est plus grande que dans l'air, dans l'hydrogène elle est plus grande encore. Dans un autre mémoire ⁽¹⁾, l'auteur reprend des mesures analogues pour l'acide chlorhydrique et la vapeur d'eau. Il trouve que la conductibilité croît en progression géométrique, quand les épaisseurs de gaz croissent en progression arithmétique.

§ IV. — Théories émises au sujet de l'action électrique de la lumière.

Hertz s'était abstenu de toute théorie sur les phénomènes qu'il avait découverts.

M. Arrhénius ⁽²⁾ émit l'idée d'une conduction électrolytique; cette idée avait déjà été exprimée par M. Schuster ⁽³⁾ en 1884 au sujet des décharges dans les gaz en général; mais elle fut combattue par MM. Wiedemann et Ebert ⁽⁴⁾, qui montrèrent que l'analyse spectrale ne donnait aucune trace de l'ionisation du gaz.

Le fait observé par M. Bichat ⁽⁵⁾, que la déperdition négative n'a plus lieu si l'on remplace le métal par une lame d'eau, montre que l'air ne devient pas conducteur; cette opinion est soutenue par M. Ernst Simon ⁽⁶⁾, qui fait remarquer que si l'air devenait conducteur, son pouvoir inducteur spécifique devrait subir une très grande variation sous l'influence des rayons ultraviolets, ce qui n'a pas lieu.

MM. Rutherford, Henry, Buisson, pensent aussi que les rayons ultraviolets ne rendent pas l'air conducteur.

M. Righi ⁽⁷⁾ conclut de ses expériences qu'il y a un transport d'électricité négative, par voie de convection, suivant les lignes de force dans l'air, plus diffus dans les gaz raréfiés, et qui tendrait à devenir rectiligne dans le vide ⁽⁸⁾.

⁽¹⁾ *Phil. Mag.*, 1903, t. V, p. 389.

⁽²⁾ *Wied. Ann.*, t. XXXII, p. 545.

⁽³⁾ *Proceed. R. Soc.*, t. XXXVII, p. 317.

⁽⁴⁾ *Wied. Ann.*, t. XXXIII, p. 241; t. XXXV, p. 209.

⁽⁵⁾ *G. R.*, 107, p. 557.

⁽⁶⁾ *Wien. Ber.*, t. CIV, p. 565.

⁽⁷⁾ *Atti del R. Inst. Veneto*, 1888-89, t. VII, p. 253.

⁽⁸⁾ *Atti d. R. Accad. d. Lincei*, 1890, t. VI, p. 81, 2^e fasc.

L'auteur pense que les charges négatives sont transportées par les molécules de l'air ambiant. Il a montré, d'ailleurs, que ce ne sont pas particulièrement les gaz condensés à la surface du métal qui interviennent, car le phénomène de la déperdition peut avoir lieu à la surface de métaux privés de cette atmosphère (1).

M. Stoletow (2) arrive à la même conclusion en remarquant que les solutions de fuchsine, de vert et de violet d'aniline, qui sont très sensibles aux rayons ultraviolets et subissent une déperdition intense, sont privées de gaz condensés à leur surface.

MM. Bichat et Blondlot (3) pensent que l'action se produit sur la partie de la couche double située dans l'air qui produit la différence électrique entre l'air et le corps, ils appuient cette opinion sur l'action que produit un courant d'air sur la décharge.

M. Buisson (4) a confirmé cette idée en montrant que la différence de potentiel apparente est altérée par l'action de la lumière.

MM. Lenard et Wolf (5) firent en 1889 des expériences qui leur parurent alors prouver que la lumière ultraviolette produisait une désagrégation de la surface du quartz qu'elle traversait ou des métaux qu'elle frappait. Ils attribuèrent alors le transport de l'électricité aux particules matérielles de ces corps.

Mais d'autres expériences, faites en 1900 (6), conduisirent M. Lenard à des conclusions tout à fait différentes, car il put obtenir un transport d'électricité sans transport de métal ou de quartz.

Ayant ensuite opéré dans le vide extrême (7), il conclut de ses expériences que l'effet photo-électrique n'a rien à voir avec l'air et attribue la déperdition négative à une émission de rayons cathodiques par le métal éclairé.

M. Lenard avoue cependant que le fait de la déperdition positive offre quelque difficulté.

La plupart des auteurs se sont ralliés maintenant à cette opinion d'une émission de rayons cathodiques.

(1) *Atti d. R. Inst. Veneto*, série 6, t. VII, 1889.

(2) *C. R.*, 108, p. 1241.

(3) *C. R.*, 107, p. 29.

(4) *C. R.*, 14 mai 1900.

(5) *Wied. Ann.*, t. XXXVII, p. 443; 1889.

(6) *Ann. der Physik*, t. I, p. 486; 1900.

(7) *Ann. der Physik*, t. II, p. 359; 1900.

M. Lenard n'a pu observer ces rayons cathodiques qu'à l'intérieur de son appareil de verre et dans le vide extrême. On admet pourtant qu'il s'en produit dans tous les cas. Mais dans l'air, à la pression ordinaire, ils seraient absorbés, dès leur formation, par l'air qui devient alors conducteur.

Pour expliquer le fait de l'accroissement du courant entre les deux plateaux d'un condensateur quand on éloigne ces plateaux l'un de l'autre, on admet que les ions libérés à la surface du métal par les rayons ultraviolets en produisent d'autres dans l'air pendant leur trajet.

INTRODUCTION

Lorsqu'on lit les mémoires qui traitent de l'action de la lumière sur les corps électrisés, on est frappé de la multitude des faits particuliers et de l'absence des lois générales.

Dans ce travail, je me suis proposé d'étudier de plus près cette action et de coordonner les résultats obtenus par mes devanciers et ceux que j'ai établis moi-même⁽¹⁾.

J'ai pu montrer que tous les phénomènes électriques produits par la lumière peuvent se ramener à un seul, qui est l'*accroissement du potentiel d'un corps éclairé, et dont la face éclairée porte de l'électricité négative*. Cette démonstration constitue la première partie du présent travail.

De plus, j'ai pu arriver à différencier nettement l'action de la lumière ultraviolette de celle des agents qui rendent l'air conducteur, grâce à un phénomène dont la découverte et l'étude forment la seconde partie de ce travail : le *faux équilibre électrique*.

Ces expériences ont été poursuivies dans le Laboratoire de physique générale de la Faculté des sciences de l'Université de Bordeaux, dont toutes les ressources ont été obligeamment mises à ma disposition.

Je dois en remercier M. Duhem, correspondant de l'Institut, professeur de physique théorique à la Faculté des sciences, à qui cette thèse est dédiée. Je dois aussi lui témoigner toute ma reconnaissance pour les utiles conseils qu'il a bien voulu me donner.

J'espère que l'on trouvera dans ce travail une modeste application des vues si originales de ce Maître sur les faux équilibres et un reflet de sa méthode.

(1) 1° *Procès-verbaux de la Société des Sciences physiques et naturelles de Bordeaux*, 7 mai 1903 et 24 janvier 1907.

2° *C. R.*, 143, p. 895 et 1139.

PREMIÈRE PARTIE

CONDITIONS NÉCESSAIRES A LA PRODUCTION DU PHÉNOMÈNE PHOTO-ÉLECTRIQUE

Préliminaires.

Description des appareils.

Les appareils qui ont servi aux expériences décrites dans ce travail sont extrêmement simples, mais ils ont dû cependant être construits avec grand soin au point de vue de l'isolement.

Les conducteurs dont nous avons étudié la variation de potentiel sont quelquefois des sphères métalliques, mais le plus souvent de petites plaques soit rondes, soit carrées avec coins arrondis, ayant un décimètre carré environ de surface et 1 à 2 millimètres d'épaisseur.

Les arêtes de ces plaques étaient arrondies, et leur surface soigneusement polie au papier émeri fin avant chaque expérience, sauf lorsque le contraire a été spécifié.

Les sphères étaient suspendues par un long fil de soie; les plaques, par deux fils, à de minces bâtons de verre bien secs, appuyant par leurs extrémités sur deux supports isolants aussi éloignés que possible, car le conducteur observé doit être placé loin de tout autre corps.

Pour étudier la variation de l'état électrique des plaques ou des sphères, on les relie métalliquement par un fil de cuivre long et fin recouvert de soie à un électroscope à feuille d'or, à un électromètre de Mascart, ou encore à un électromètre à décharges.

Ce dernier appareil n'est autre qu'un électromètre de Gaugain, modifié en vue des expériences actuelles. Il se compose essentiellement de deux tiges métalliques, A et B (*fig. 1*, chapitre I), soutenues

par un support de soufre D. A la tige A est adaptée une feuille d'or qui, lorsqu'elle s'écarte suffisamment de son support, vient toucher l'autre tige.

La borne B peut être reliée métalliquement au sol, de manière que chaque contact décharge la feuille d'or. Elle peut encore être reliée à une pile qui maintient son potentiel constant. Dans ce cas, à chaque contact, la feuille d'or et le conducteur relié à la tige A prennent ce même potentiel.

La pile employée pour maintenir à un potentiel constant les plaques métalliques ou la borne B de l'électromètre à décharges était formée de petits éléments zinc-cuivre, dans une solution de sulfate de magnésie, isolés par de la paraffine.

Les pôles de cette pile étaient mobiles, de sorte que l'on pouvait prendre un nombre arbitraire d'éléments.

Les conducteurs étudiés étaient placés loin de tout corps pouvant produire des perturbations dans leur état électrique, et toutes les fois que cela a été nécessaire, les expériences ont été faites à l'intérieur d'une grande cage formée d'un bâti de bois sur lequel était tendue une toile métallique que l'on pouvait maintenir à un potentiel connu.

De plus, cette cage était recouverte d'un papier noir destiné à éviter les réflexions perturbatrices de la lumière, et n'offrait que les ouvertures nécessaires au passage des rayons lumineux venant de l'arc et des fils amenant le courant de la pile.

DÉFINITION DES EXPRESSIONS EMPLOYÉES. — Un système formé de conducteurs reliés métalliquement étant électrisé de telle sorte que son potentiel soit négatif, si une cause quelconque fait diminuer la *valeur absolue* de ce potentiel, on a le phénomène auquel la plupart des auteurs ont donné le nom de *déperdition négative* ou *décharge négative*.

Nous lui conserverons ce nom en spécifiant bien que nous ne faisons aucune hypothèse sur le mécanisme de cette déperdition et que, dans les modifications électriques étudiées, toutes les mesures ont porté uniquement sur le potentiel du corps ou du système électrisé.

De même nous appellerons *décharge* ou *déperdition positive* le phénomène par lequel un corps ou un système préalablement porté à un potentiel positif subira une modification électrique qui fera baisser son potentiel de manière à le rapprocher de zéro.

Inversement, nous donnerons le nom de *charge positive* à toute

modification électrique qui portera le système d'un potentiel nul ou positif à un potentiel positif plus élevé, et le nom de charge négative à toute modification qui portera le système d'un potentiel nul ou négatif à un potentiel négatif dont la *valeur absolue* soit plus élevée.

D'après ces définitions, on voit que le phénomène de déperdition négative peut être continué par le phénomène de charge positive, car, dans les deux cas, il y a une augmentation du potentiel du système. Le phénomène de déperdition positive serait, au contraire, continué par la charge négative, si le potentiel du système continuait à s'abaisser au-dessous de zéro.

EXPOSÉ DU PLAN DE LA PREMIÈRE PARTIE. — Dans les nombreux travaux qui ont été publiés sur la déperdition négative causée par la lumière ultraviolette, on a mesuré la vitesse de cette déperdition pour différents corps, lorsqu'on faisait varier l'intensité de la lumière, la longueur d'onde des radiations incidentes, ou leur plan de polarisation. Mais les auteurs ne paraissent tenir aucun compte des objets environnants ni du champ électrique qu'ils peuvent produire.

Nous avons voulu montrer tout d'abord l'influence du milieu et du champ sur ce phénomène si connu de déperdition négative, c'est pourquoi nous commençons par l'étude de l'arrêt et du renversement de ce phénomène.

Nous étudions ensuite l'influence du champ sur le phénomène de charge positive, c'est-à-dire encore sur l'augmentation du potentiel du système, après que ce potentiel a passé par la valeur zéro. On sait que jusqu'ici les charges obtenues par les expérimentateurs étaient extrêmement minimales, puisqu'elles ne portaient le potentiel du système qu'à une valeur de l'ordre de 1 ou 2 volts; il était intéressant de montrer qu'à l'aide d'un champ suffisant on peut obtenir des charges positives portant le potentiel du système à une valeur de plusieurs centaines de volts.

Dans le troisième chapitre, nous établissons la continuité parfaite des deux phénomènes produisant l'augmentation du potentiel du système, et la constance de la vitesse de charge sous l'action d'un même champ et d'un même éclaircissement quelle que soit la valeur absolue du potentiel du système éclairé.

Cette constance, qu'il est très naturel de constater, n'avait cependant pas encore pu être remarquée puisqu'on n'avait pas obtenu de charges

positives appréciables, et que les auteurs constatent, au contraire, un arrêt de ce phénomène quand le potentiel atteint la valeur zéro, selon les uns, une valeur positive de 1 ou 2 volts selon les autres.

L'action du champ électrique est non seulement favorable au phénomène d'augmentation de potentiel du corps éclairé, mais encore elle est *absolument nécessaire* à la production de ce phénomène, ainsi que nous l'établissons dans le chapitre IV en montrant que s'il n'existe aucun champ autour du système éclairé, ce système ne subit, sous l'action de la lumière, aucune modification électrique.

Enfin, dans les trois derniers chapitres de la première partie, nous étudions l'influence de la valeur du champ et de l'éclairement, puis nous établissons que, *dans des conditions données*, il y a un potentiel maximum que le système ne peut pas dépasser.

Tout ce que nous avons établi relativement au champ électrique qui entoure le système éclairé, dont on étudie le potentiel, peut être considéré à un autre point de vue.

Si l'on remarque qu'aux deux extrémités d'un tube de forces joignant deux conducteurs en présence, on a des masses électriques égales et de signes contraires, on voit que toutes les fois qu'une plaque éclairée est soumise à un champ dont les lignes sont dirigées vers sa face éclairée, cette face porte une couche électrique négative.

On peut donc dire que *la condition nécessaire pour que le potentiel du système puisse augmenter sous l'action des radiations ultraviolettes, est que la partie de ce système qui est constituée par la surface éclairée d'une plaque métallique, porte une couche électrique négative.*

Cette augmentation du potentiel, que nous nommons suivant les cas *décharge négative ou charge positive*, correspond toujours à une diminution de la densité de la couche électrique **négative** située sur la surface éclairée.

Pendant ce phénomène, le corps qui fournit le champ électrique et qui porte, du moins sur la partie placée en regard de la plaque éclairée, une couche électrique positive, subit une diminution de potentiel s'il est isolé, en même temps qu'une diminution de la densité de la couche positive.

Si, au contraire, le corps qui fournit le champ est une plaque métallique reliée à une pile qui maintient son potentiel constant, la distribution de l'électricité à sa surface change cependant et la densité de la couche positive sur la surface de cette plaque, qui fait face à la

plaque étudiée, diminue aussi, puisque la différence entre le potentiel des deux plaques diminue.

Bien que ces deux plaques ne constituent pas un conducteur fermé, on peut, dans le cas où elles sont parallèles et assez proches, admettre que la densité électrique sur les surfaces en regard est sensiblement proportionnelle à cette différence de potentiel.

Cette densité diminue donc pour les deux plaques à mesure que la différence de potentiel diminue, et puisque la lumière ne produit jamais l'égalisation des potentiels, elle n'annule pas non plus les densités.

Une condition nécessaire à la production du phénomène sera donc que la couche négative, située sur la surface éclairée de la plaque considérée, ait une densité assez grande.

Le phénomène de la diminution de potentiel d'un conducteur, que nous appelons suivant les cas *décharge positive* ou *charge négative*, correspond toujours à une diminution de la densité de la couche **positive** portée par la partie de ce conducteur qui est située en regard d'une plaque métallique éclairée, qui subit le phénomène inverse.

Nous verrons plus loin que pour ce phénomène de diminution du potentiel, l'éclairement de la surface du conducteur qui porte une couche électrique positive est indifférent. La lumière paraît n'avoir *aucune action* sur une surface portant une couche électrique positive; elle ne provoque donc la diminution de son potentiel, et en même temps la diminution de la densité de cette couche, que d'une manière indirecte et *uniquement* lorsqu'elle provoque le phénomène contraire sur une autre plaque métallique placée en regard de celle-là.

CHAPITRE PREMIER

Arrêt et renversement du phénomène de déperdition négative par l'introduction d'un champ électrique convenable.

§ 1. — Arrêt de la déperdition négative par un champ convenable.

Considérons le phénomène le plus fréquemment étudié, et le mieux connu jusqu'ici : la décharge d'une plaque métallique portée à un niveau potentiel négatif sous l'action des rayons ultraviolets ; c'est

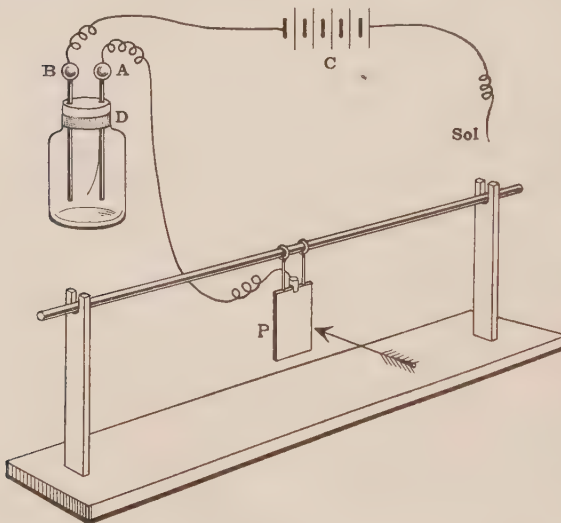


FIG. 1.

ce phénomène que nous nommerons *déperdition négative*.

Nous allons montrer que *ce phénomène peut être non seulement ralenti, mais encore complètement arrêté et même renversé, par la seule action d'un champ électrique d'intensité suffisante et de sens convenable*.

EXPÉRIENCE FONDAMENTALE. — Prenons une plaque de cuivre P, isolée et récemment polie, relions-la métalliquement à la tige A de l'électromètre à décharges, dont la borne B communique avec le pôle négatif d'une pile C de 200 éléments (*fig. 1*).

Le pôle positif de cette pile est au sol.

Dès que la borne B est reliée à la pile C, la feuille d'or de la tige A est attirée par B, et se charge par contact, ainsi que la plaque P au même potentiel que B qui est d'environ — 200 volts.

Si l'air du laboratoire est dépourvu d'ionisation, la plaque P conserve le potentiel acquis. Dans ce cas on n'observe aucun mouvement ultérieur de la feuille d'or.

Il est nécessaire de s'assurer par cette constatation préalable qu'aucune autre cause que la lumière ultraviolette n'interviendra dans la décharge de la plaque; sans cette précaution on s'exposerait à attribuer à la lumière des effets produits par des causes perturbatrices diverses. Cela fait, on éclaire la plaque P à l'aide d'un arc électrique, qui, dans cette expérience, était placé à une distance de cette plaque égale à 40 centimètres environ.

Cet éclairage détermine la décharge de P dont le potentiel diminue graduellement en valeur absolue, et à mesure que P perd sa charge négative, la feuille d'or s'écarte lentement de son support, parce qu'elle est attirée par la tige B dont le potentiel est demeuré constant.

Quand la différence de potentiel entre P et B est devenue suffisante, la feuille d'or

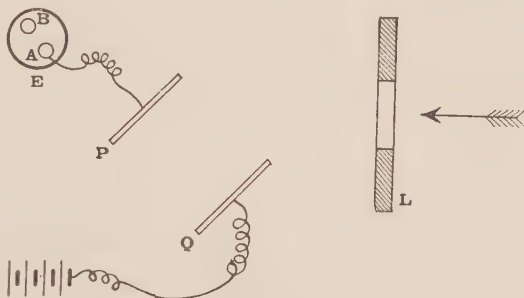


FIG. 2.

vient toucher B, et P se trouve portée de nouveau au potentiel de — 200 volts. Le phénomène recommence alors, et l'on peut observer des oscillations de la feuille qui se produisent avec une régularité remarquable pourvu que la lumière de l'arc soit elle-même sensiblement régulière.

Lorsque les rayons ultraviolets agissent seuls, il suffit d'interposer entre l'arc et la plaque une lame de verre ou de mica pour faire cesser immédiatement les oscillations.

Mais on peut aussi arrêter la décharge sans intercepter les rayons ultraviolets.

Il suffit pour cela d'introduire, aux environs de la plaque P, une

autre plaque chargée négativement et placée de telle sorte que les lignes de champ, au lieu de converger vers P, s'éloignent de sa face éclairée. On peut par exemple placer près de P (*fig. 2*) une plaque Q portée à — 250 volts, ou même à — 200 volts, à l'aide d'une autre pile de charge.

Au moment même de l'introduction de cette plaque, les oscillations de la feuille d'or sont absolument arrêtées.

La lumière ne peut donc décharger P que s'il existe un champ d'intensité suffisante et dont les lignes de force convergent vers la face éclairée.

En d'autres termes, *la lumière ne peut décharger la plaque P portée à un niveau potentiel négatif que si la face éclairée de cette plaque porte une couche électrique **négative de densité suffisante***. Ce fait, très important, n'a été signalé par aucun des expérimentateurs qui ont étudié la déperdition négative.

Remarquons que la plaque Q placée en dehors du faisceau lumineux et abritée des rayons ultraviolets par une lame de verre L ne se décharge pas; elle n'intervient que par le champ qu'elle crée. On pourrait penser que l'arrêt de la décharge n'est qu'apparent, et que la plaque P reçoit de Q une quantité d'électricité négative égale à celle qu'elle perd sous l'influence de la lumière.

Mais cette hypothèse peut être réfutée par les expériences n^{os} 1 et 2 ci-après :

1^{re} Expérience. — Alors que les plaques P et Q sont en présence et que la décharge de la première a cessé, introduisons entre les deux plaques une petite boule de laiton isolée et reliée à un électromètre à quadrants, cette petite boule, éclairée ou non, ne prend aucune charge sensible; tandis que si nous éloignons la plaque Q, de manière que la décharge de P recommence à se produire, la valeur absolue du potentiel de cette petite boule augmente assez rapidement et dépasse — 100 volts en peu de minutes.

C'est d'ailleurs un fait reconnu par les expérimentateurs, que lorsqu'un conducteur subit la déperdition négative, les corps environnants acquièrent des charges négatives. Si donc les deux plaques P et Q émettaient de telles charges, la petite boule placée entre elles en recevrait certainement, et tout au moins autant que lorsque P seule se décharge.

2° *Expérience.* — Reprenons le dispositif de la figure 2, mais au lieu de relier Q à la pile qui maintient son potentiel constant, relions-la à un électroscope et portons le système ainsi formé au potentiel de — 200 volts par un unique contact.

Si la plaque Q est mise à l'abri des rayons actifs, directs ou réfléchis, elle conserve ce potentiel et le champ qu'elle crée arrête la décharge de P comme précédemment.

Le maintien de son potentiel, qu'indique l'électroscope, montre bien qu'elle ne cède pas d'électricité à la plaque P.

L'arrêt de la décharge n'est donc pas dû à un régime permanent ; il constitue véritablement un état d'équilibre.

3° *Expérience.* — D'autre part, il est facile de montrer que dans un champ nul, un conducteur dont le niveau potentiel est négatif ne se décharge pas.

Pour cela plaçons la cage observée P et l'électromètre à décharges à l'intérieur d'une cage métallique percée seulement de deux ouvertures, l'une pour laisser entrer la lumière, l'autre pour observer les appareils placés à l'intérieur.

Cette cage métallique est isolée et reliée au pôle négatif d'une pile dont le pôle positif est au sol. On peut ainsi la porter à un potentiel de — 100 volts à — 400 volts.

Cette cage est reliée à la borne B de l'électromètre à décharges placé à l'intérieur ; la tige A, qui porte la feuille d'or, est reliée à la plaque de cuivre P. Au début de l'expérience, la feuille d'or va toucher la tige B et la plaque P se trouve portée au même potentiel que la cage.

On éclaire alors la plaque P ; si son potentiel variait, on constaterait des oscillations de la feuille d'or. Or, cela n'a jamais lieu, et la plaque garde un potentiel constant. *La lumière ultraviolette ne produit pas la décharge d'un conducteur porté à un niveau potentiel négatif si le champ est nul. Il est vrai que la densité électrique sur la surface éclairée est également nulle dans ce cas.*

Les trois expériences précédentes montrent bien l'influence prépondérante du sens du champ électrique dans la déperdition négative, puisque les radiations ultraviolettes ne suffisent pas à produire cette déperdition.

Mais il y a plus, et l'on peut, à l'aide d'un champ suffisant, renverser le phénomène.

§ II. — **Renversement du phénomène de déperdition négative. Production d'une charge négative sur une plaque éclairée.**

On peut non seulement arrêter la décharge d'une plaque portée à un potentiel négatif pendant qu'elle est soumise à l'action des rayons ultraviolets, mais encore lui faire acquérir une charge qui la porte à un potentiel négatif très considérable.

EXPÉRIENCE FONDAMENTALE. — Soit P_b ⁽¹⁾ une plaque de cuivre récemment polie et reliée au pôle négatif de la pile de charge. La plaque P_h , d'abord à un potentiel nul, sera reliée à l'aiguille d'un électromètre de Mascart (fig. 3).

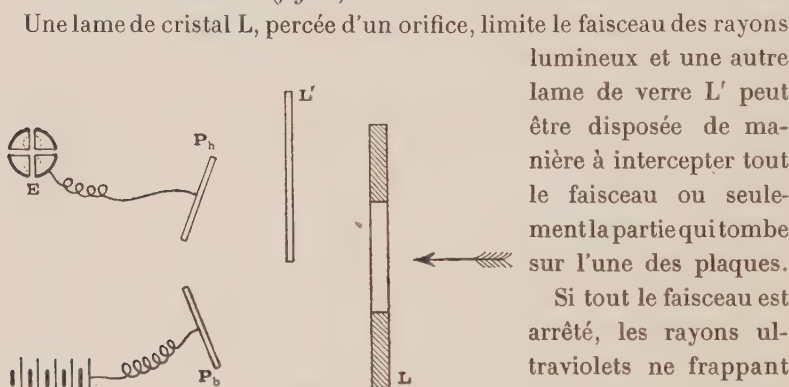


FIG. 3.

lumineux et une autre lame de verre L' peut être disposée de manière à intercepter tout le faisceau ou seulement la partie qui tombe sur l'une des plaques.

Si tout le faisceau est arrêté, les rayons ultraviolets ne frappant aucune des deux plaques, P_h ne se charge pas.

Il en est de même si P_h seule est éclairée. Mais si P_b est éclairée, que P_h le soit ou non, on constate que P_h prend une charge négative et que la valeur absolue de son potentiel s'élève graduellement.

La courbe de la planche I représente la variation du potentiel de la plaque de cuivre P_h en fonction du temps, dans les conditions précédemment décrites.

P_b était reliée au pôle négatif d'une pile qui la maintenait à un potentiel de — 180 volts.

(¹) Nous désignerons toujours par P_h la plaque portée au plus haut potentiel, par P_b la plaque dont le potentiel est le plus bas au sens algébrique.

Cette forme de courbe, que l'on retrouve toujours la même dans toutes les expériences analogues, montre que l'accroissement de la valeur absolue du potentiel de P_h , d'abord très rapide, devient très lent au bout de peu de minutes.

Dans l'expérience actuelle, c'est après 2 minutes que la plaque atteint le potentiel de — 84 volts, qui n'est guère dépassé par la suite.

Nous avons fait un grand nombre d'expériences de charge négative, dont quelques-unes ont été prolongées pendant plusieurs heures. Le potentiel acquis au bout de quelques minutes n'était pas sensiblement dépassé, même après un temps très long, mais il se maintenait sensiblement constant.

Cette expérience paraît en contradiction avec le phénomène connu de déperdition négative sous l'influence de la lumière ultraviolette, puisqu'une plaque P_h , frappée par ces radiations, prend une charge négative qui d'abord augmente, puis, quand elle a atteint une certaine valeur, se conserve indéfiniment, au lieu de subir la déperdition habituelle.

La condition nécessaire pour obtenir ce phénomène est l'éclairement de la plaque qui subit la déperdition négative, c'est-à-dire de celle qui a le potentiel le moins élevé en valeur algébrique.

L'éclairement de l'autre plaque n'influe pas d'une façon sensible sur le phénomène, à moins que cette deuxième plaque ne soit placée de manière à renvoyer sur la première des rayons réfléchis. Dans ce cas, en effet, la quantité de lumière reçue par la première est augmentée et le phénomène devient plus intense.

Pour constater que l'éclairement de la plaque portée au potentiel le plus élevé (en valeur algébrique) n'influe pas sensiblement, on peut opérer, soit par des mesures de charge, soit par des mesures de décharge.

Dans les deux cas, il faut avoir soin de placer les plaques de manière qu'elles ne renvoient pas de rayons réfléchis l'une sur l'autre ; la disposition représentée par la figure 3 convient bien à cet effet.

1^{re} Expérience. — P_b est reliée au pôle négatif de la pile de charge et maintenue ainsi à — 200 volts par exemple.

P_h est reliée à la tige A de l'électromètre à décharges dont la borne B est au sol.

On s'assure d'abord qu'aucune charge de P_h ne se produit si une lame de verre couvre l'orifice de la lame de cristal L. On déplace ensuite cette lame de verre L' de manière à éclairer P_h seule : il ne se produit rien encore. Mais si l'on place L' de manière à éclairer P_b seule, la feuille d'or éprouve des oscillations. et le nombre des oscillations par minute demeure à peu près le même si l'on enlève tout à fait la lame de verre de façon à éclairer à la fois les deux plaques.

Le nombre des oscillations dans les deux cas est exactement le même si l'électromètre se décharge pour un potentiel assez bas, car la plaque P_h demeurant à un potentiel peu élevé, la déperdition négative qu'elle subit sous l'action de la lumière et du champ créé par les parois de la salle, devient négligeable sous l'influence du champ inverse produit par P_b .

2° *Expérience.* — On peut aussi étudier la décharge de P_b . Pour cela prenons la disposition de la figure 4, plaçons la lame de verre

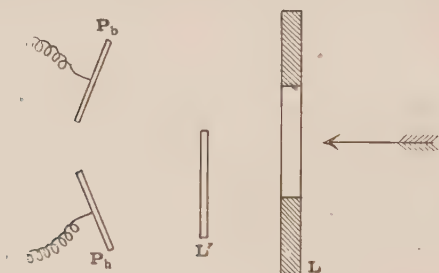


FIG. 4.

de manière à couvrir l'orifice de la lame de cristal. Relions P_h au sol afin que les variations de son potentiel n'influent pas sur la décharge de P_b .

Relions P_b à la tige A de l'électromètre à décharges, la borne B étant reliée au pôle négatif

de la pile de charge et portée ainsi à un potentiel constant de — 200 volts. La feuille d'or f vient immédiatement toucher la borne et la plaque P_b se trouve portée à — 200 volts.

On peut constater que, dans ces conditions, P_b ne se décharge pas, car la feuille d'or ne revient plus toucher la borne même au bout d'un temps très long.

Il en est de même si l'écran de verre L' est placé de manière à éclairer P_h seule; mais si on enlève tout à fait l'écran, les rayons efficaces viennent frapper à la fois P_b et P_h , on voit la feuille d'or s'écarter peu à peu de A à mesure que P_b se décharge et venir frapper la borne lorsque la différence de potentiel entre P_b et cette borne est

devenue assez grande (cette différence est d'environ 60 volts pour l'instrument employé). A ce moment P_b se trouve de nouveau portée à — 200 volts et sa décharge recommence dans les mêmes conditions.

Recouvrons alors avec l'écran de verre une partie de l'orifice de L , de telle sorte que P_b seule reçoive les rayons efficaces; nous constaterons que le nombre des oscillations par minute est exactement le même que dans le cas précédent. Il n'en serait pas ainsi si P_h n'était pas reliée au sol, car l'action de la charge qu'elle prendrait alors rendrait moins rapide la décharge de P_b .

L'éclairement de P_b est donc seul efficace.

La contradiction apparente entre ce résultat et les résultats précédents disparaît si l'on porte son attention sur les signes des charges que portent les faces éclairées des plaques et non sur leurs niveaux potentiels. La face éclairée de P_b porte toujours ici de l'électricité négative; la face de P_h en regard, qu'elle soit éclairée ou non, porte toujours de l'électricité positive; l'éclairement de cette face par la lumière ultraviolette est sans effet.

Dans ces expériences, on peut constater que la vitesse de charge de P_h et la vitesse de décharge de P_b sont proportionnelles à l'intensité des rayons efficaces frappant P_b . C'est un point sur lequel nous reviendrons dans le chapitre VI ci-après.

CHAPITRE II

Charge électrique positive produite sous l'influence de la lumière ultraviolette.

§ I. — Étude de la charge positive à l'aide de l'électroscope.

Nous entendons ici par *charge positive* un phénomène qui fait croître la charge totale ou le niveau potentiel d'un corps préalablement porté à un niveau potentiel positif ou nul.

Nous venons de voir que la charge négative précédemment décrite ne peut s'obtenir qu'à la condition de maintenir artificiellement autour de la plaque étudiée un champ d'intensité suffisante et dont les lignes s'éloignent de cette plaque, ou, en d'autres termes, de maintenir une charge électrique positive en la partie éclairée de la plaque.

De plus, il faut que ce champ soit produit par un conducteur métallique éclairé qui porte de l'électricité négative en la partie éclairée.

La charge positive n'exige pas autant de conditions; un corps quelconque, éclairé ou non, peut fournir le champ dont les lignes doivent se diriger vers la plaque éclairée dont on étudie la charge, de telle sorte que celle-ci soit chargée d'électricité négative sur la face éclairée.

De plus, si le champ change de sens, le potentiel acquis par la plaque éclairée est conservé, si toutefois elle n'est pas entourée de corps éclairés susceptibles de prendre une charge positive.

La possibilité de causer la charge de la plaque P_b à l'aide d'un corps, tel qu'un bâton de verre que l'on peut porter à un très haut potentiel, permet d'obtenir sur P_b un potentiel positif beaucoup plus élevé que le potentiel négatif que nous avons obtenu dans le cas précédent, et il est alors préférable d'employer, au lieu de l'électromètre à décharges,

l'électroscope à feuilles d'or, qui permettra de repérer de très hauts potentiels.

EXPÉRIENCE FONDAMENTALE. — Considérons une plaque de cuivre isolée, récemment polie au papier émeri, et reliée à un électroscope à feuilles. Approchons de cette plaque un corps électrisé positivement et porté à un potentiel assez élevé, par exemple, un bâton de verre ou une lame de cuivre isolée.

Si la plaque reliée à l'électroscope n'est pas éclairée ou l'est insuffisamment, on ne peut constater que le phénomène bien connu d'influence : les feuilles s'écartent de plus en plus à mesure que le corps chargé s'approche, pour retomber lorsqu'on l'éloigne suffisamment.

Si l'on répète cette expérience alors que la plaque reliée à l'électroscope reçoit la lumière solaire ou celle de l'arc électrique, en éloignant ensuite le corps électrisé, on constate que les feuilles d'or demeurent écartées, c'est-à-dire que l'électroscope demeure chargé.

Le phénomène est parfaitement net. Si l'on emploie un bâton de verre électrisé positivement et un éclairage intense, il suffit de deux ou trois minutes pour porter la plaque éclairée à un niveau potentiel de l'ordre des centaines de volts.

On pourrait penser que l'électricité positive libérée par l'influence et repoussée par le verre électrisé a pu fuir par les supports. Mais s'il en était ainsi, ce serait une charge négative et non une charge positive que l'on constaterait au moment de l'éloignement du bâton de verre.

De plus, cette déperdition d'électricité positive par les supports produirait, pendant l'expérience, une diminution continue de la divergence des feuilles. Au lieu de cela, après que l'influence, qui n'est nullement gênée par l'éclairement, a déterminé une certaine divergence des feuilles, si l'on maintient immobile le corps agissant, on voit les feuilles d'or s'écarter davantage, peu à peu, progressivement, et, au bout de quelques minutes, elles ont atteint un écart bien supérieur à la divergence initiale.

D'ailleurs, au moment où l'on éloigne le bâton de verre, les feuilles d'or se rapprochent brusquement, la diminution de l'angle d'écart étant sensiblement égale à la divergence qui a accompagné l'influence au début. C'est ce dernier phénomène qui prend fin. Mais l'écart résiduel, très grand (voisin souvent de l'angle droit dans un électroscope à deux feuilles), se conserve pendant plusieurs heures.

Jusqu'à présent les plus fortes charges positives qui avaient été observées soit par M. Righi, soit par M. Lénard, ne portaient pas les conducteurs à un potentiel supérieur à 2 volts 1, encore fallait-il opérer dans le vide pour atteindre ce potentiel.

Or, nous obtenons ici, à l'air libre et en peu de minutes, des potentiels de plusieurs centaines de volts, la plaque réceptrice étant située à des distances relativement grandes du corps qui produit le champ. (Cette distance a pu atteindre 4 mètres.)

Le phénomène dont nous nous occupons est donc, tout au moins pour l'ordre de grandeur et les conditions extérieures, tout à fait différent de ce qui avait été observé auparavant.

La persistance de la charge positive acquise est en complète contradiction avec l'hypothèse d'une charge due à la déperdition par défaut d'isolement.

On pourrait encore attribuer ce phénomène :

- 1° A une convection électrique issue de l'arc ;
- 2° A une conductibilité de l'air produite par la lumière ;
- 3° A une émission par la plaque éclairée d'ions chargés d'électricité négative.

Aucune de ces hypothèses n'est admissible.

1° HYPOTHÈSE D'UNE CONVECTION. — Le phénomène de charge à distance se produisant sous l'action de la lumière solaire et d'un champ électrique convenable, les particules matérielles issues d'un arc électrique ne sont donc pas nécessaires à sa production. Elles ne sont pas davantage suffisantes, car il suffit de placer une petite lame de verre à vitre ou de mica sur le trajet des rayons lumineux allant de l'arc à la plaque réceptrice, pour supprimer totalement le phénomène de charge. Or, dans ce cas, les rayons ultraviolets seuls sont interceptés et nullement les particules issues de l'arc.

De plus, si ces particules électrisaient la plaque, le phénomène continuerait après que l'arc est éteint, ce qui n'a jamais lieu. D'ailleurs, un très grand nombre d'expériences ont été faites, comme nous le verrons plus loin, dans un appareil où ni les gaz ni les corpuscules issus de l'arc ne pouvaient pénétrer, et le phénomène y est aussi net qu'à l'air libre.

2° HYPOTHÈSE D'UNE CONDUCTIBILITÉ DE L'AIR. — Si l'air était rendu conducteur soit par des radiations quelconques issues de l'arc, soit

par la lumière ultraviolette, l'électroscope relié à la plaque éclairée se déchargerait, au moins lorsqu'on retire le corps chargé, ce qui n'a pas lieu.

Cette décharge se produit, au contraire, lorsqu'on approche de la plaque réceptrice un corps radioactif quelconque, lorsqu'on fait arriver entre cette plaque et le corps chargé les gaz d'une flamme, ou si, dans le laboratoire, on produit des ondes hertziennes.

Dans ces conditions, aucune expérience de charge n'est possible, le corps agissant se décharge sans que la plaque réceptrice puisse conserver aucune charge. La conductibilité de l'air, loin d'être favorable au phénomène étudié, lui est donc absolument contraire. Mais on pourrait supposer que cette conductibilité est limitée et a lieu seulement dans le faisceau illuminé; or, si l'on fait passer ce faisceau entre le corps agissant P_h et la plaque P_b de manière que la surface de celle-ci qui est tournée vers P_h ne soit pas éclairée, elle ne se charge pas sensiblement (*fig. 5*). Il suffit de la faire tourner de quelques degrés dans le sens convenable pour éclairer la face tournée vers P_h et son potentiel s'élève à une centaine de volts.

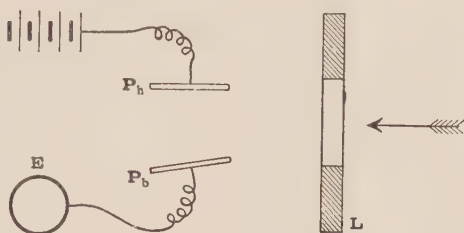


FIG. 5.

De plus, si un écran de verre V , placé comme l'indique la figure 6, intercepte les rayons ultraviolets qui frappent P_b , la charge cesse. On pourrait objecter que cela tient à ce qu'il y a entre la plaque chargée P_h et la plaque réceptrice P_b une tranche d'air qui

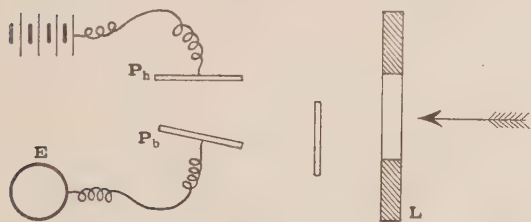


FIG. 6.

n'est pas conductrice parce qu'elle ne reçoit pas les radiations efficaces arrêtées par le verre.

Mais si l'on déplace l'écran de verre comme l'indique la figure 6 bis,

on a de même une tranche d'air non conductrice. Dans ce cas, cependant, la charge est très intense.

3° HYPOTHÈSE D'UNE ÉMISSION PAR LA PLAQUE ÉCLAIRÉE D'IONS CHARGÉS D'ÉLECTRICITÉ NÉGATIVE. — Nous avons vu que l'on s'est généralement rallié à cette hypothèse, que la surface d'un métal éclairé émet des ions négatifs, dont le départ a pour effet, de le décharger s'il

est chargé négativement, puis de lui donner un potentiel positif de l'ordre du volt.

Dans ces phénomènes, les expérimentateurs ont admis comme preuve de l'émission d'ions négatifs ce fait, que les

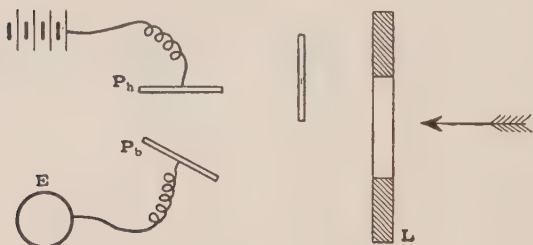


FIG. 6 bis.

corps placés sur le trajet des lignes de champ se chargent négativement.

Si donc la plaque P_b dont nous étudions la charge positive était le siège d'une émission d'ions négatifs, les conducteurs isolés placés autour d'elle et particulièrement sur le trajet des lignes de champ, acquerraient une charge négative. Or cela n'a jamais lieu: si le conducteur isolé ne reçoit pas de rayons efficaces, il ne prend aucune charge; s'il en reçoit, il se charge *positivement*.

L'expérience peut se faire de plusieurs manières. On peut disposer les conducteurs comme l'indique la figure 7. La plaque p , isolée et reliée à un électromètre, est mise à l'abri des rayons efficaces par une petite lame de verre V . Si elle

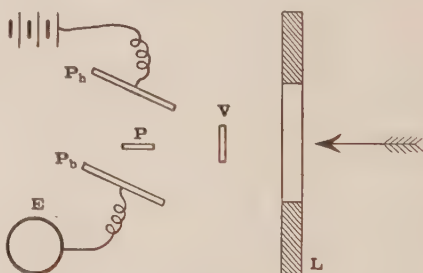


FIG. 7.

ne reçoit pas de rayons réfléchis par P_a , P_b , ou quelque autre corps, elle ne prend pas de charge, tandis que P_b se charge très rapidement, pourvu que p n'intercepte qu'une petite partie des lignes de champ.

Si l'on ôte le verre, p prend une charge *positive*.

On peut encore entourer la plaque chargée P_a d'un fil de cuivre f

enroulé plusieurs fois autour d'elle et suspendu par des fils de soie à un support isolant.

Le tout est mis à l'abri des rayons efficaces par un écran de verre; l'autre plaque P_b seule est éclairée.

Dans ces conditions, la charge de P_b est moins forte qu'en l'absence du fil f , mais elle est cependant très nette, tandis que le fil ne se charge pas sensiblement.

Si l'on supprime l'écran, f et P_b prennent une charge très rapide et positive.

La remarque suivante est plus probante encore : si, entre la plaque chargée et la plaque réceptrice, on interpose une lame conductrice isolée ou une lame diélectrique coupant toutes les lignes de champ et *abritée des rayons efficaces*, la charge ne se produit plus. Cependant la lumière ultraviolette frappe toujours P_b ; si elle produisait, à partir de la plaque P_b , une émission d'ions chargés d'électricité négative, cette émission devrait continuer.

On ne peut donc pas attribuer ici la charge positive à une émission d'ions négatifs par la surface métallique éclairée.

Les hypothèses citées plus haut doivent être rejetées.

§ II. — Étude de la charge positive à l'aide de l'électromètre à décharges.

Lorsqu'une plaque isolée et éclairée a été chargée sous l'influence du champ créé par un corps électrisé, il suffit de la mettre pendant un instant en communication avec le sol et de rompre cette communication pour qu'une nouvelle charge se produise aussitôt.

On peut recommencer ainsi tant que le corps agissant est à un potentiel suffisant. Si on le maintient à un potentiel constant, la charge se reproduit chaque fois de la même manière; l'écartement des feuilles d'or augmente avec la même vitesse et atteint la même valeur.

La production des charges successives peut être régularisée par l'emploi de l'électromètre à décharges. La plaque réceptrice P_b est reliée à la tige qui soutient la feuille d'or.

Lorsque P_b se charge, la feuille d'or s'écarte de son support, va toucher la borne reliée au sol, se décharge et retombe.

Avec cet électromètre, on peut observer des phénomènes très différents suivant les conditions de l'expérience.

1° A l'air ionisé :

Si le corps destiné à produire le champ n'est pas maintenu à un potentiel constant, il se décharge rapidement; le champ cessant alors d'exister, le phénomène ne peut se produire.

On ne constate alors aucun mouvement de la feuille d'or.

Si, au contraire, l'on a une plaque métallique P_h maintenue à un potentiel constant suffisamment élevé, si, de plus, les deux plaques P_h et P_b ne sont pas à une trop grande distance l'une de l'autre, une première oscillation de la feuille d'or reliée à P_b se produit au moment où l'on introduit la plaque P_h .

Cette oscillation est due à l'influence, mais il arrive souvent que la feuille d'or retombe avant d'avoir touché la tige B, reliée au sol, car la décharge de P_b se produit dans l'air.

Après cette première oscillation, souvent incomplète, on n'en observe pas d'autre.

2° A l'air sec dépourvu d'ionisation :

On peut réaliser cette condition, soit au laboratoire, soit en plein air, lorsque le soleil est assez élevé au-dessus de l'horizon; par exemple en été, par temps sec et sans nuages, entre midi et quatre heures du soir.

INFLUENCE SIMPLE. — Dans une première expérience mettons la plaque réceptrice P_b à l'abri des rayons efficaces et plaçons en face d'elle un corps chargé positivement, un bâton de verre électrisé, ou mieux, une autre plaque de cuivre maintenue à un potentiel positif constant, afin que le phénomène soit plus régulier. Au moment où P_b est mise en présence de la plaque agissante P_h , il y a influence, ce que l'on reconnaît à une déviation subite de la feuille d'or. Si cette influence est intense, la feuille s'écarte jusqu'à toucher la borne, ce qui ramène le système au potentiel zéro et, à partir de cet *unique* contact, il n'y a plus aucun mouvement dans l'électromètre, tant que le potentiel de la plaque P_h demeure constant.

Si l'on décharge ou si l'on éloigne P_h , l'électricité retenue sur P_b par le phénomène d'influence se répand dans la tige et la feuille, celle-ci s'écarte de nouveau, et se décharge par la borne.

Le phénomène d'influence a pris fin.

Donc, si P_b est abritée des rayons efficaces, quelle que soit la durée de l'expérience, on a seulement *deux* écarts, tous les deux *brusques*, l'un au début, l'autre à la fin de l'expérience; ils sont dus seulement au phénomène ordinaire de l'influence.

Le fait que la décharge a lieu à la fin montre que l'électricité négative s'est conservée sur P_b , et, par conséquent, qu'il n'y a eu de fuite d'électricité ni par les supports ni par l'air.

Ceci étant établi, faisons tomber les rayons efficaces sur P_b , toutes les autres conditions de l'expérience demeurant les mêmes. Le phénomène prend alors une tout autre allure.

La feuille d'or reliée à P_b , après une première décharge brusque due à l'influence, s'écarte *lentement* de son support, va toucher la borne et retombe, effectuant une oscillation qui se reproduit avec une régularité remarquable tant que l'éclairement et le champ créé par P_h demeurent constants.

Les oscillations sont d'autant plus rapides que l'éclairement est plus intense, et leur rapidité croît aussi avec le champ.

Le fil qui relie la borne à la terre, est donc le siège d'un courant intermittent, et chaque contact laisse passer dans le sol une même quantité d'électricité.

La fréquence des oscillations donne une mesure de l'intensité du phénomène et permet de l'étudier (voir les chapitres V et VI).

On peut aussi étudier la charge positive à l'aide de l'électromètre à quadrants; on obtient des courbes semblables à la courbe de la planche I, mais de sens inverse.

Enfin, on peut établir, par des expériences analogues à celles que nous avons exposées pour la charge et la décharge négative, que c'est l'éclairement de la plaque P_b , dont le potentiel est le moins élevé, qui importe seul.

Le phénomène primordial est donc ici la charge positive de la plaque éclairée.

Si la plaque P_h , qui est au plus haut potentiel, est isolée, elle se décharge partiellement pendant que P_b se charge. Cette décharge, qui ne dépend pas de l'éclairement de P_h , peut être considérée comme un phénomène secondaire provoqué par la charge de P_b .

Nous avons déjà constaté, lors de la charge négative, un fait analogue.

On peut remarquer que, dans les deux cas, la plaque dont l'éclairement est nécessaire est celle dont le potentiel est le plus bas.

Les deux phénomènes de *charge positive* et de *décharge négative*, c'est-à-dire d'*augmentation de potentiel d'une plaque éclairée qui porte de l'électricité négative en sa partie éclairée*, paraissent soumis à

une même loi (nous verrons plus loin que plusieurs autres lois leur sont communes).

Il est donc naturel de les réunir et de chercher à montrer l'identité des deux phénomènes en établissant qu'il y a de l'un à l'autre une continuité parfaite.

Tel est l'objet des expériences suivantes.

CHAPITRE III

Continuité du phénomène photo-électrique. Passage de la charge positive à la décharge négative.

Considérons deux plaques de cuivre polies, bien isolées et disposées comme l'indique la figure 8.

L'une des deux plaques P_h est reliée à un point fixe M d'une pile de 400 éléments, dont le pôle positif est l'extrémité C, le pôle négatif l'extrémité Z.

La borne B de l'électromètre à décharges est reliée à un autre point fixe N de la pile, situé entre M et Z. La tige A de cet électromètre communique avec la seconde plaque P_b . Dès le début de l'expérience, la feuille d'or va toucher la borne et P_b se trouve ainsi portée au même potentiel

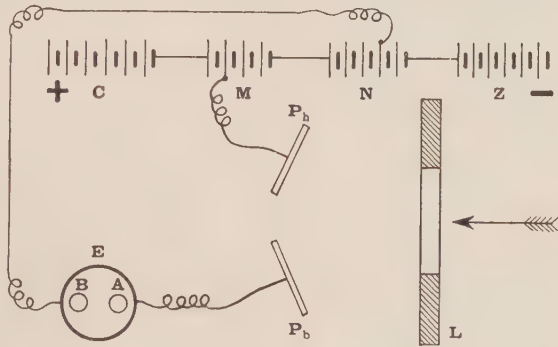


FIG. 8.

que le point N, c'est-à-dire à un potentiel notablement moins élevé (en valeur algébrique) que celui de M et de P_h .

On met d'abord au sol le pôle positif C de la pile. Si alors on éclaire P_b , elle subit une décharge négative, qui se traduit par les oscillations de la feuille d'or, et l'on peut, en quelque sorte, considérer le nombre des oscillations qu'éprouve cette feuille en une minute comme repérant l'intensité du phénomène. Déplaçons maintenant le fil qui relie la pile au sol et, sans modifier rien autre chose, portons successive-

ment au potentiel zéro les points M, N, Z ou des points intermédiaires ; quel que soit le point de la pile que nous ayons relié à la terre, le nombre des oscillations par minute demeure sensiblement le même d'une expérience à la suivante. Cependant on est passé d'un phénomène à un autre, car lorsque le point C est au potentiel zéro, P_b subit une décharge négative, tandis que lorsque le point relié au sol est N, Z, ou un point intermédiaire, P_b prend une charge positive. Remarquons toutefois que les deux plaques en présence portent sur leurs faces en regard une couche électrique dont la densité est la même, pour une même phase du phénomène, dans toutes les expériences ; de sorte que si l'on considère la densité électrique sur ces faces au lieu de considérer les potentiels des deux systèmes dont elles font partie, l'expérience apparaît comme identique dans tous les cas.

Il paraît alors naturel de constater que l'on ne puisse observer aucune discontinuité quand l'une des deux plaques passe par un potentiel nul et que la charge qu'elle porte change de signe ; mais à mesure que les deux potentiels s'élèvent, le nombre des oscillations diminue légèrement, sans doute parce que tous les objets environnants et les parois de la salle, elles-mêmes, prennent part au phénomène, en formant au voisinage de la plaque éclairée un champ dont les lignes convergent vers elle lorsqu'elle est négative. Ce champ s'ajoute alors à celui que crée P_a .

Au contraire, dans le cas de la charge positive, ce champ convergeant vers la plaque éclairée n'existe que dans l'angle solide, relativement petit, qui a pour base la plaque agissante ; tous les autres objets environnants forment un champ dont les lignes s'éloignent de la plaque éclairée et qui contrarie plutôt le phénomène.

Cette continuité entre les deux phénomènes de charge positive et de décharge négative amène à penser qu'il ne s'agit dans les deux cas que d'un seul et même phénomène ; nous verrons plus loin comment une étude plus approfondie des faits amène à considérer deux conducteurs en présence, comme étant en état de faux équilibre, lorsqu'ils sont portés à des potentiels différents, et cela au même sens qu'un corps placé sur un plan incliné rugueux tant que l'angle de ce plan avec l'horizon est inférieur à l'angle de frottement.

Avec cette conception, on voit que le phénomène photo-électrique se réduit au passage d'un état de faux équilibre à un autre, correspondant à une différence de potentiel moins élevée.

Le véritable équilibre n'est pas atteint (nous verrons en effet plus loin que les deux plaques n'arrivent jamais au même potentiel), ceci est comparable à ce qui se produirait si l'on plaçait un corps sur la surface rugueuse interne d'une sphère creuse. Il y aurait un cercle, parallèle à l'horizon, à l'intérieur duquel le corps serait en état de faux équilibre à cause du frottement.

Si, par une modification convenable de l'état de la surface, on diminuait le coefficient de frottement, le corps pourrait s'abaisser jusqu'à un autre parallèle, de sorte que la région de faux équilibre se trouverait rétrécie.

L'action de la lumière, ici comme dans les phénomènes chimiques, peut être traduite par une diminution du frottement.

Il paraît probable que cette rupture du faux équilibre doit se produire toujours par le même mécanisme, soit qu'il n'y ait aucun passage de masses électriques, soit que ce passage s'effectue toujours dans le même sens.

Or, si l'on place une petite lame métallique entre les deux plaques en expérience, mais à l'abri des rayons ultraviolets, elle ne prend aucune charge notable pendant que P_b s'élève à un très haut potentiel. Cela semble contraire à l'hypothèse d'un passage d'électricité au travers du milieu.

Si cependant on veut admettre ce passage, ou bien des masses électriques négatives quittent le corps éclairé, ou bien des masses positives se portent sur ce corps en suivant les lignes de champ.

Il ne paraît pas possible d'imaginer une expérience qui permette de décider entre ces deux hypothèses.

En effet, si nous considérons la décharge négative, les expérimentateurs se sont accordés à admettre qu'elle se produit par une émission de masses négatives quittant le corps éclairé, et donnent comme preuve de cette opinion ce fait : que des charges négatives apparaissent sur les corps environnants.

On peut aussi bien admettre que ces corps environnants cèdent au corps éclairé des masses positives qui se portent sur lui en suivant les lignes de champ.

Dans le phénomène de la charge positive, on ne constate jamais qu'aucun corps placé au voisinage de la plaque dont le potentiel s'élève prenne une charge négative, si faible soit-elle. Les corps voisins ne se chargent que s'ils sont plus ou moins éclairés et, dans ce

cas, leur charge est *toujours positive*. Il en résulte que l'hypothèse du transport des masses positives paraît aussi probable que celle du transport des masses négatives, puisque le critérium généralement admis manque ici absolument.

On peut cependant objecter que s'il n'y a pas passage d'électricité entre le corps éclairé qui se charge positivement et les corps voisins non chargés, c'est que le champ créé entre eux n'a pas le sens convenable, et l'on peut penser que des masses négatives quittent le corps éclairé en suivant uniquement les lignes de champ dans le sens des potentiels croissants et, par conséquent, se portent exclusivement sur les corps à des potentiels plus élevés, qu'elles déchargent en partie.

Il en est donc ici comme dans un courant électrique parcourant un fil :

Le mouvement de l'électricité et le sens de ce mouvement ne peuvent être qu'hypothétiques, et le phénomène produit par la lumière est analogue à un courant.

Au phénomène d'augmentation de potentiel d'une plaque éclairée et soumise à un champ dont les lignes sont dirigées vers elle, nous conserverons le nom de phénomène *photo-électrique*, nom qui, maintenant, prendra un sens plus précis.

Nous allons étudier les lois de ce phénomène et établir tout d'abord la *nécessité* du champ, nécessité qui n'avait pas été mise en lumière dans les travaux antérieurs.

CHAPITRE IV

Nécessité de l'existence du champ électrique pour la production du phénomène.

§ I. — Expériences montrant la nécessité du champ.

Dans l'expérience de Hallwachs, souvent reprise depuis (1), une plaque métallique, électrisée négativement, se décharge sous l'action de la lumière.

Bien que la remarque n'en ait pas été exprimée, il existe autour de cette plaque un champ électrique dont les lignes sont dirigées vers elle, et l'expérience que nous avons décrite au début de ce travail montre la nécessité de ce champ, puisque la décharge s'arrête dès qu'il cesse d'exister ou d'avoir le sens convenable.

La même nécessité s'impose dans le cas où le phénomène prend la forme d'une charge positive.

Il ne suffit pas qu'il y ait un corps chargé positivement dans le voisinage de la plaque éclairée pour qu'elle se charge; il faut encore qu'elle soit soumise à un champ.

Pour le montrer, prenons une cage métallique dans laquelle nous plaçons l'électromètre à décharges et la plaque P. Celle-ci communique avec la feuille d'or, la borne est reliée à la cage, qui présente seulement deux ouvertures : une pour laisser pénétrer la lumière, l'autre pour observer les appareils.

Cette enceinte métallique est isolée et peut être portée à un potentiel connu.

Si, en l'absence de toute action lumineuse, on la porte à un potentiel de + 400 volts, la feuille d'or demeure immobile, car il n'y a pas

(1) Voir Historique, § II.

d'influence à l'intérieur, tous les conducteurs se trouvant portés au même potentiel.

Si, dans ces conditions, on éclaire P, il ne se produit aucune modification apparente, P ne prend aucune charge, son potentiel ne varie pas.

Il n'y a donc pas de charge s'il n'y a pas de champ, malgré le voisinage des masses électriques positives; il est vrai que la densité superficielle à l'intérieur de l'appareil est nulle, ainsi que sur la plaque P.

La même expérience peut être reprise avec l'électricité négative.

Si la cage est maintenue à — 400 volts, le potentiel de la plaque P placée à l'intérieur ne varie pas.

Nous verrons plus loin que le champ ne suffit pas et que d'autres conditions interviennent.

En particulier, si les lignes de champ sont coupées soit par un écran métallique *isolé* et non éclairé, soit par une lame de paraffine, le phénomène ne se produit plus.

L'introduction d'un tel écran, pendant la charge d'une plaque métallique, l'arrête immédiatement.

Si l'écran métallique est éclairé, son action est différente.

L'action des divers écrans sera étudiée dans la deuxième partie de ce travail (chap. IV).

§ II. — Action des corps environnants.

La plaque P_a n'est pas le seul corps qui puisse fournir un champ dont les lignes rencontrent P_b . Beaucoup d'autres corps peuvent intervenir dans le phénomène photo-électrique pour créer ce champ, notamment tous les fils conducteurs portés à un potentiel suffisant. Ces fils agissent en raison de leur potentiel et de leur distance à la plaque, leur action peut être importante s'ils ne sont pas suffisamment éloignés.

Il en résulte que lorsqu'on opère avec de faibles voltages, si P_a n'est pas très voisine de P_b , l'action sur P_b des corps extérieurs peut l'emporter sur l'action de P_a et donner lieu à des erreurs de l'ordre de grandeur du phénomène étudié.

Une autre cause d'erreur très importante est constituée par les charges localisées dans les diélectriques.

Un appareil de verre fermé, par exemple, qui donne d'assez bons résultats dans les premiers temps de son emploi, absorbe, avec le temps, sous l'action de la lumière, une partie de l'électricité fournie par les corps chargés. L'électricité s'accumule à sa surface ou dans sa masse, et il se charge de plus en plus. Il en résulte qu'au bout d'un certain temps il est capable d'agir à son tour et de produire la charge ou la décharge des corps placés à l'intérieur.

A partir de ce moment, on ne peut plus avoir aucune confiance dans les résultats obtenus à l'aide de ces appareils, employés pourtant par la plupart des expérimentateurs.

J'ai pu constater que la seule présence à l'intérieur d'un cylindre de verre d'un corps chargé et éclairé rendait ce cylindre capable de produire à son tour une charge de même sens et de même ordre de grandeur sur un autre conducteur, que l'on mettait ensuite à la place du premier, et cela même après que l'air intérieur avait été renouvelé plusieurs fois.

Des plaques de verre et de paraffine agissent de la même manière.

On peut prévoir que l'action des décharges disruptives qui suivent les parois d'un tel appareil, ne les laissent pas dans l'état naturel, de sorte qu'elles peuvent aussi produire de notables perturbations dans les phénomènes étudiés.

Il semble donc qu'il s'impose d'éviter tous les appareils à parois diélectriques, surtout s'ils sont de petites dimensions.

D'autre part, tous les corps susceptibles de prendre, sous l'action de la lumière, une charge positive (métal, verre, papier, etc.), peuvent, s'ils sont placés près d'une plaque chargée positivement et s'ils reçoivent des rayons efficaces, directs ou non, produire la décharge, qui n'aurait pas lieu sans leur présence, souvent difficile à éviter. Il est à remarquer, en effet, que si la lumière n'a aucune action sur l'état électrique d'un conducteur portant sur sa surface éclairée une couche électrique positive, un autre conducteur ou un autre corps portant au contraire sur sa face éclairée une couche électrique négative peut avoir une action sur le premier, car, pour que le potentiel du second puisse augmenter, il est nécessaire que le potentiel d'un autre corps diminue ou qu'une pile produise un travail équivalent.

Ceci peut permettre d'expliquer les phénomènes de décharge positive que l'on a quelquefois observés et aussi les divergences d'opinion

des auteurs sur ce sujet, divergences qui tenaient à ce qu'ils avaient opéré dans des conditions qui n'étaient pas comparables.

Les diélectriques servant de supports sont aussi susceptibles d'acquérir des charges qui les pénètrent et peuvent ensuite être transmises, sous l'action de la lumière, aux conducteurs en présence desquels ils se trouvent. Il faut donc éviter l'emploi de ces corps.

Pour cela, la meilleure disposition à prendre paraît être celle qui consiste à suspendre les plaques à l'aide de longs fils de soie à de minces baguettes de verre reposant sur des supports éloignés.

Lorsqu'il s'agit de la décharge négative, les causes d'erreurs sont nombreuses; beaucoup d'agents autres que la lumière peuvent intervenir. On sait, en effet, que la présence d'un corps radioactif, d'un gaz issu d'une flamme, etc., produit le même effet, sauf, toutefois, le maintien du potentiel à une valeur constante.

Plusieurs auteurs ont confondu l'action de la lumière ultraviolette avec celle des rayons X, des corps radioactifs et de toutes les autres causes qui rendent l'air conducteur. Cette confusion tient sans doute à ce que, dans le cas de la lumière ultraviolette, comme dans le cas de l'action ionisante, les corps électrisés négativement se déchargent; et cette déperdition négative était considérée comme constituant tout le phénomène photo-électrique. Mais, tandis que dans le cas de la conductibilité de l'air les corps positifs se déchargent aussi, tous les conducteurs prenant alors le potentiel du sol, sous l'action de la lumière ultraviolette au contraire, j'ai pu obtenir de fortes charges positives et le maintien de potentiels très différents de celui du sol, ce qui est absolument impossible dans les cas où l'air est ionisé.

L'action de la lumière ultraviolette se différencie donc très nettement de celle des corps radioactifs.

Ce fait, que la lumière seule produit la charge positive, conduit à étudier surtout sous cette phase le phénomène photo-électrique, afin d'être assuré que des causes étrangères n'interviennent pas en même temps que la lumière dans les expériences.

Nous étudierons cependant l'influence de la valeur du champ dans les différents cas.

CHAPITRE V

Influence de la valeur du champ sur le phénomène photo-électrique.

On peut étudier soit avec l'électromètre à quadrants, soit avec l'électromètre à décharges, l'influence de la valeur du champ sur le phénomène photo-électrique.

Dans les expériences suivantes, j'aurais voulu maintenir constant le champ par centimètre; mais entre deux plaques le champ n'est pas uniforme, surtout pour de grandes distances; il aurait fallu pouvoir employer des anneaux de garde; cela n'a pas été possible, car ces anneaux causaient de grandes perturbations dans les résultats.

Nous n'aurons donc ici que des données approximatives sur le champ par centimètre.

De plus, il ne faut pas oublier que tout le milieu extérieur intervient dans la production du champ; les murs du laboratoire, qui sont à un potentiel voisin de zéro, favorisent d'autant plus la phase du phénomène, qui se traduit par une décharge négative, que le potentiel des plaques est plus bas en valeur algébrique. La phase de charge positive est, au contraire, contrariée par ce champ.

Nous étudierons l'action du champ séparément sur les deux phases du phénomène.

D'autre part, dans cette étude, ce ne sera pas toujours la même plaque qui sera portée au potentiel le plus haut; nous abandonnerons donc les notations P_a et P_b ; nous appellerons P la plaque dont nous étudierons la variation de potentiel, Q celle dont le potentiel demeurera constant pendant toute la durée d'une expérience.

§ 1. — Influence de la valeur du champ sur la décharge négative.

La vitesse de décharge d'une plaque P, chargée négativement, varie beaucoup avec le champ créé autour de cette plaque.

Pour étudier cette variation, considérons la plaque P isolée et reliée par un fil long et fin à la tige A de l'électromètre à décharges (*fig. 9*). La borne B de cet électromètre communique avec le pôle négatif d'une pile, et son potentiel sera ainsi maintenu à -150 volts. La plaque P est placée à 30 centimètres de la lampe à arc, dont la lanterne est au sol, et séparée de cette lampe par une lame de cristal L, épaisse, percée d'un orifice pour laisser passer le faisceau lumineux.

La plaque P est éloignée autant que possible de tout autre objet.

Dans ces conditions, le nombre des oscillations de la feuille d'or était de 6 par minute.

Il suffisait alors d'introduire à 10 centimètres environ de P une autre plaque de cuivre reliée au sol ou tenue à la main, pour voir le nombre des oscillations s'élever à 15 ou 16 par minute.

Le voisinage d'un conducteur au sol augmente d'autant plus la vitesse de décharge qu'il est placé plus près de la plaque P et que sa superficie est plus étendue. Il agit proportionnellement à l'angle solide sous lequel il est vu de la plaque P.

Si, au lieu d'une plaque au potentiel zéro, on place près de P un corps électrisé positivement, la vitesse de décharge de P s'accroît encore beaucoup plus. Pour étudier ce phénomène avec plus de précision, on peut se servir de l'électromètre à quadrants.

Si nous relions la plaque P à l'aiguille de l'électromètre à quadrants, la position de l'image du réticule sur la règle pourra donner à chaque instant la valeur du potentiel de la plaque P.

Les courbes de la planche II représentent la variation, en fonction du temps, du potentiel de la plaque P dans diverses circonstances, la valeur initiale du potentiel de P étant toujours -100 volts.

La courbe α représente la décharge négative de la plaque P, placée aussi loin que possible de tout autre corps.

La courbe β représente une décharge de P en présence d'une autre plaque de cuivre au sol.

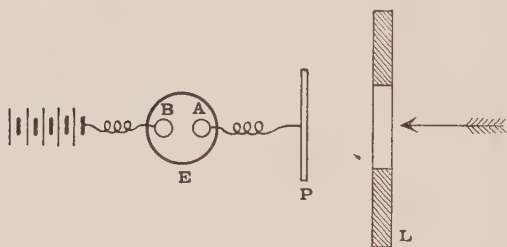


FIG. 9.

Pour la courbe γ , une plaque de cuivre, maintenue à un potentiel constant de $+ 100$ volts, avait été placée près de P.

Enfin, la courbe δ a été obtenue en introduisant devant P une plaque Q *éclairée* et maintenue au potentiel de $- 180$ volts.

On voit que, dans ce cas, il y a renversement du phénomène, et qu'au lieu d'une décharge, c'est une charge négative qu'on observe.

Si l'on étudie de plus près cette phase du phénomène, on constate que la vitesse de charge de P augmente avec la valeur absolue du potentiel de Q pour une même distance des deux plaques et que, pour un même potentiel de Q, la vitesse de charge de P augmente si la distance entre Q et P diminue.

Le potentiel négatif maximum (en valeur absolue) atteint par P, tout en demeurant toujours inférieur à celui de Q, croît avec celui-ci et s'en approche d'autant plus que la distance entre les deux plaques est plus faible.

Pour cette étude, afin d'avoir un champ plus uniforme et une distance plus facilement mesurable, on dispose les plaques comme l'indique la figure 10.

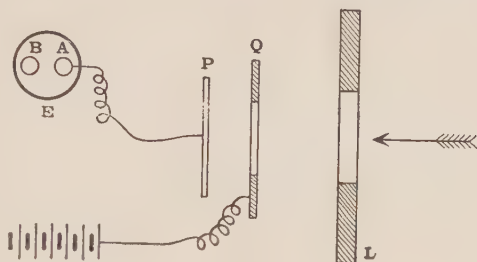


FIG. 10.

La plaque à potentiel fixe Q est ajourée afin de laisser passer la lumière, qui tombe normalement sur P, suivant la direction de la flèche.

Q, ainsi disposée, n'est pas éclairée directement, mais P réfléchit sur elle assez de lumière pour déterminer le phénomène, et l'on obtient une charge négative très rapide de P si Q a un potentiel suffisant.

Les courbes de la planche III traduisent quatre expériences de charge négative d'une plaque de cuivre P placée à 2 centimètres de la plaque ajourée Q, dans la position indiquée figure 10.

On voit qu'à cette distance la charge est très rapide. Lorsque la distance des plaques est plus grande, la vitesse de charge est moins grande et le maximum atteint par le potentiel est moins élevé.

Pour la courbe α , la plaque Q était maintenue à un potentiel de $- 30$ volts.

Pour la courbe β , elle était à — 60 volts; pour γ , à — 100 volts, pour δ , à — 180 volts.

On peut remarquer qu'en même temps que la valeur du champ, la densité de la couche électrique varie à la surface des plaques; et les courbes III montrent que l'intensité du phénomène croît en même temps que cette densité. Si cette densité devient nulle ou trop faible, le phénomène cesse de se produire; enfin si elle change de signe, le phénomène change de sens, à la condition, toutefois, que celle des deux surfaces en regard qui porte une couche négative reçoive les rayons lumineux efficaces, directs ou réfléchis.

§ II. — Influence de la valeur du champ sur la charge positive.

On peut faire varier le champ qui agit sur la plaque P soit en modifiant la distance entre les plaques, soit en faisant varier le potentiel auquel on maintient la plaque Q.

On peut enfin, en modifiant simultanément la distance et le potentiel, maintenir le champ à peu près constant d'une expérience à l'autre.

Dans ce cas, la densité superficielle de la face éclairée sera aussi à peu près constante.

1^o MESURES EFFECTUÉES EN MAINTENANT LA PLAQUE Q A UN POTENTIEL CONSTANT, LA DISTANCE ENTRE LES DEUX PLAQUES P ET Q VARIANT A CHAQUE EXPÉRIENCE. — Les deux plaques P et Q sont placées dans la position indiquée par la figure 10, mais P est reliée à la tige A de l'électromètre à décharges dont la borne B est au sol.

P est à 25 centimètres de l'arc électrique.

Q est une plaque ajourée afin de laisser passer la lumière; on la porte à un potentiel fixe de + 400 volts.

Dans ces conditions, P se charge rapidement, et l'on compte le nombre des contacts de la feuille d'or avec la borne dans un temps donné.

Ce nombre varie avec la distance des deux plaques comme l'indique le tableau suivant :

DISTANCE DES DEUX PLAQUES	NOMBRE DE CONTACTS EN 5 MINUTES
2 ^{cm}	Trop fréquents pour qu'on pût les compter.
4	300
6	190
8	87
10	37
12	Trop rares pour qu'on pût les étudier.

Ces expériences montrent que le nombre des contacts décroît beaucoup plus rapidement que l'inverse de la distance. On pourrait essayer de l'expliquer par le défaut d'uniformité du champ. Mais les écarts sont bien grands pour n'être pas dus à d'autres causes. La proportionnalité exigerait, en effet, que, pour 300 contacts à 4 centimètres, on en ait

200 à 6 centimètres au lieu de 190
 150 à 4 — au lieu de 87
 120 à 10 — au lieu de 37
 100 à 12 — au lieu de 0

2^o MESURES EFFECTUÉES EN MAINTENANT CONSTANTE LA DISTANCE ENTRE LES PLAQUES P ET Q ET EN FAISANT VARIER LE POTENTIEL DE Q A CHAQUE EXPÉRIENCE. — Disposons toujours les plaques comme l'indique la figure 10. Comptons le nombre des oscillations par minute pour chaque valeur du potentiel donné à Q, nous avons le tableau suivant :

DISTANCE de P à Q	POTENTIEL de Q	CHAMP APPROXIMATIF par centimètre	NOMBRE DE CONTACTS PAR MINUTE
2 centimètres	400 volts	200	Trop fréquents.
2 —	350 —	175	136
2 —	300 —	150	120
2 —	250 —	125	100
2 —	200 —	100	80
2 —	150 —	75	46
2 —	100 —	50	28
2 —	50 —	25	Trop rares.
2 —	0 —	0	0

Dans ces expériences, le champ est sensiblement uniforme, la distance entre les plaques est faible. La vitesse de charge paraît proportionnelle au champ pour les valeurs suffisamment élevées de ce champ; mais pour les valeurs plus faibles, cette proportionnalité disparaît bien que les lignes de champ aient la même position. Pour une plus grande distance entre les deux plaques on ne retrouve plus la proportionnalité constatée pour les premières expériences de la série précédente.

C'est ce que montre la série d'expériences relevées dans le tableau suivant:

DISTANCE P à Q	POTENTIEL de Q	CHAMP APPROXIMATIF par centimètre	NOMBRE DE CONTACTS PAR MINUTE
5 centimètres	400	80	Trop fréquents.
5 —	350	70	108
5 —	300	60	82
5 —	250	50	60
5 —	200	40	40
5 —	150	30	22
5 —	100	20	5
—	50	10	Trop rares.

Pour un champ sensiblement égal, il est curieux de constater que le nombre des contacts est plus grand dans la deuxième série d'expériences que dans la première.

Il en est toujours ainsi; malgré le manque d'uniformité du champ, l'action est d'autant plus forte qu'elle est due à un potentiel plus élevé de la plaque Q.

La direction du champ influe aussi sur la fréquence des oscillations; les oscillations deviennent plus rares lorsque les lignes de champ font un trop grand angle avec les rayons lumineux.

Si la plaque Q est placée du côté non éclairé de P et si P ne reçoit pas de rayons efficaces réfléchis de ce côté, la charge ne se produit pas.

3^o MESURES EFFECTUÉES EN MAINTENANT LE CHAMP A PEU PRÈS CONSTANT, LA DISTANCE DE P A Q VARIANT EN RAISON INVERSE DU POTENTIEL DE Q. — Le dispositif est toujours le même que dans les

expériences précédentes; mais la distance de P à l'arc demeurant constante, et égale à 25 centimètres environ, nous ferons varier la distance de Q à P et le potentiel de Q.

Nous obtenons ainsi les résultats suivants :

POTENTIEL DE Q EN VOLTS	DISTANCE DES DEUX PLAQUES	NOMBRE DES OSCILLATIONS EN 5 MINUTES
400	8 centimètres	37
300	6 —	40
200	4 —	40
100	2 —	28

La seconde et la troisième expérience montrent, malgré le défaut d'uniformité du champ, que l'on obtient, dans des conditions moyennes, sensiblement la même quantité d'électricité pour une même valeur du champ.

La moins grande fréquence des oscillations dans le premier cas est facilement explicable; à 8 centimètres le champ, entre des plaques dont la surface ne dépasse guère un décimètre carré, est loin d'être uniforme: une grande partie des lignes de champ issues de Q ne rencontrent pas P; il est donc naturel que le champ ait une action plus faible que dans les deux cas suivants.

Le dernier cas paraît difficile à expliquer. Le champ est en effet plus uniforme lorsque les plaques sont à deux centimètres l'une de l'autre; mais dans le cas des faibles potentiels de Q, le phénomène est toujours ralenti. Dans ce cas, en effet, la densité électrique devient faible à la surface des plaques; lorsqu'elle devient trop faible, le phénomène cesse tout à fait.

CHAPITRE VI

Influence de l'éclairement.

Les expériences suivantes ont été faites avec deux plaques de cuivre égales entre elles, de 8 centimètres de largeur sur 12 centimètres de longueur.

Après les avoir polies au papier émeri, on les place dans la position

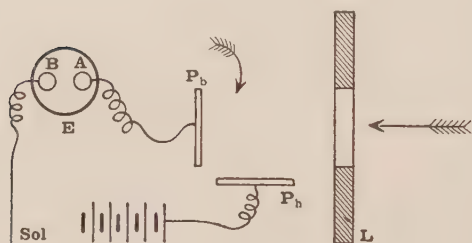


FIG. 11.

indiquée (fig. 11), P_b recevant normalement les rayons lumineux, dont la direction est indiquée par la flèche.

P_h est reliée au pôle positif d'une pile qui lui communique un potentiel de + 400 volts. En

éloignant l'arc, d'une expérience à l'autre, on obtient les résultats suivants :

DISTANCE DE P_b A L'ARC d	FRÉQUENCE DES OSCILLATIONS f	CARRÉ DE LA DISTANCE d^2	PRODUIT $f \cdot d^2$
30 centimètres	58 par minute	900	52 200
35 —	41 —	1225	50 255
40 —	32 —	1600	51 200
45 —	26 —	2025	52 650
50 —	20 1/2 —	2500	51 250
55 —	18 —	3025	54 450
60 —	15 1/2 —	3600	55 800
65 —	13 —	4225	55 925
70 —	11 —	4900	53 900
75 —	9,5 —	5625	53 437

Si l'on remarque :

1° Que l'erreur sur le nombre d'oscillations peut être d'une demi-oscillation et que cette erreur est multipliée par un assez grand nombre, d^2 ;

2° Que l'intensité de l'arc n'est pas rigoureusement constante.

On peut admettre que la *quantité d'électricité que reçoit la plaque P_b , dans un même temps, est inversement proportionnelle au carré de la distance de l'arc à cette plaque et, par suite, proportionnelle à la quantité de lumière reçue.*

Toutes les expériences précédentes ont été faites sous une incidence normale. On peut faire tourner le système des deux plaques autour de l'axe vertical de la plaque réceptrice P_b de manière à faire varier l'incidence avec un champ électrique constant, cette rotation étant faite dans le sens indiqué par la flèche.

P_b étant placée à 30 centimètres de l'arc, P_h étant maintenue à + 400 volts,

l'angle d'incidence étant 0,

le nombre des oscillations par minute était 58;

l'angle d'incidence étant $\frac{\Pi}{8}$,

le nombre des oscillations était 52;

l'angle d'incidence étant $\frac{\Pi}{4}$, on avait 41 oscillations; pour l'angle d'in-

cidence de $\frac{3\Pi}{8}$, le nombre des contacts était 22; enfin, pour l'incidence rasante, P_b ne prend plus de charge sensible. *Ces nombres suivent d'assez près la loi du cosinus.*

On voit donc que la loi qui lie la quantité d'électricité Q que reçoit P_b placée à la distance d de l'arc et à l'angle d'incidence I est exprimée par la formule

$$Q = \frac{k \cos I}{d^2}.$$

Or, l'éclairement de la surface P_b est exprimé par

$$e = \frac{\Delta \cos I}{d^2};$$

donc, même pour l'incidence oblique, Q est proportionnel à l'éclairement.

D'autres expériences ont été faites avec un faisceau lumineux très

petit, et tel qu'en tournant la plaque P_1 elle continuait à recevoir entièrement le faisceau; la quantité d'électricité reçue est alors demeurée indépendante de l'angle, tant que la plaque coupait toutes les droites du faisceau. Cela s'accorde avec le résultat précédent.

Nous avons vu que lorsque la plaque agissante est éloignée de 10 ou 12 centimètres de la plaque réceptrice, les oscillations de l'électromètre deviennent très lentes et ne suivent plus de lois précises.

A 30 centimètres, il semble qu'il n'y ait plus aucune action entre les deux plaques, pour une différence de potentiel inférieure à 400 volts.

Mais il n'en est plus de même si la plaque agissante est à un potentiel beaucoup plus élevé.

Lorsqu'on relie au pôle positif d'une petite machine de Wimshurst une plaque assez grande, on constate une action à plusieurs mètres de distance.

Des expériences ont été faites sur une terrasse élevée, bien exposée au soleil; la plaque agissante était une plaque de cuivre de 22 centimètres de largeur sur 54 centimètres de longueur; en réglant l'électromètre de manière que le contact exige 1,500 à 2,000 volts, on peut faire correspondre à chaque décharge une quantité beaucoup plus grande d'électricité.

Dans ces conditions, on obtenait une charge très nette à 4 mètres de la plaque réceptrice.

Remarquons toutefois que, pour obtenir des résultats réguliers avec la lumière solaire, il faut opérer lorsque le soleil est encore haut au-dessus de l'horizon. On sait, en effet, depuis les travaux de M. E. Becquerel et de Cornu qu'une grande partie du spectre ultraviolet de la radiation solaire disparaît parfois brusquement sans cause connue.

En certains moments, le spectre ultraviolet est insuffisant pour une plaque réceptrice en cuivre; il faut prendre une plaque d'aluminium, ou de tout autre métal n'exigeant pas des radiations d'aussi petite longueur d'onde.

Après quatre heures du soir, même en été, on ne peut généralement plus obtenir de mouvements réguliers de la feuille d'or.

Ces mouvements deviennent confus et irréguliers, la plaque P_1 se décharge dans l'air à mesure que l'on veut la charger, la feuille d'or s'écarte de son support sans arriver à toucher la borne et retombe assez rapidement.

Au coucher du soleil, aucun conducteur ne peut plus demeurer chargé; en moins d'une minute tout se décharge quel que soit le signe de la charge.

L'influence même n'est plus nette : on a encore parfois la 1^{re} oscillation de la feuille d'or, mais jamais la 2^e, car la plaque se décharge par l'air.

Les phénomènes qui se passent alors sont semblables à ceux que l'on observe au laboratoire lorsque l'air a été ionisé par une cause quelconque.

CHAPITRE VII

Existence d'un potentiel maximum pour une plaque éclairée et placée dans des conditions déterminées.

Si, au lieu de relier au sol la borne B de l'électromètre à décharges, on la relie à un conducteur de capacité finie, tel que l'armature interne d'une petite bouteille de Leyde, dont l'armature externe est au sol, la fréquence des oscillations, d'abord la même que si la borne B était au sol, diminue peu à peu.

Au bout d'un temps plus ou moins long, les oscillations cessent.

Si la borne est reliée à un conducteur de faible capacité, les oscillations cessent très rapidement.

Cela montre que le potentiel de la plaque réceptrice n'augmente pas indéfiniment.

Il y a donc lieu d'étudier la limite que peut atteindre ce potentiel.

Pour cette étude, l'électromètre à quadrants est préférable à l'électromètre à décharges.

§ I. — Étude du maximum de la charge positive à l'aide de l'électromètre à quadrants.

L'électromètre à décharges est d'un emploi commode pour évaluer la quantité d'électricité reçue par une plaque soumise à l'action simultanée de la lumière et d'un champ électrique. Mais il présente l'inconvénient d'être peu sensible et d'exiger un potentiel d'au moins 60 volts, pour que la feuille d'or vienne au contact de la borne. De plus, il ne donne pas d'indication sur le potentiel que peut atteindre la plaque réceptrice.

L'étude de la charge à ce point de vue peut être entreprise au moyen

de l'électromètre à quadrants dont la sensibilité permettra de montrer l'existence du phénomène et d'en étudier les lois pour des valeurs beaucoup plus faibles du champ électrique.

Relions la plaque P à l'aiguille d'un électromètre à quadrants rendu symétrique.

La plaque Q ajourée, est reliée au pôle positif d'une pile de charge, qui la maintient à un potentiel constant.

On place les deux plaques dans la position indiquée par la figure 10 à 2 centimètres l'une de l'autre.

Au début de l'expérience un écran intercepte les rayons efficaces et P est mise au sol.

L'image du réticule éclairé donnée par le miroir de l'électromètre est alors au zéro; elle y demeure, après que l'on a coupé la communication entre P et le sol, tant qu'on laisse l'écran entre l'arc et P.

Aussitôt qu'on enlève cet écran, l'image dévie et se déplace sur la règle assez lentement pour que l'on puisse noter sa position toutes les 10 secondes, si toutefois le potentiel de la plaque Q n'est pas trop élevé.

La courbe de la planche 4 représente les résultats obtenus lorsque la plaque Q était à + 90 volts.

Les temps sont portés en abscisses, les potentiels indiqués par l'électromètre en ordonnées.

On voit que le potentiel croît d'abord rapidement, puis de plus en plus lentement; au bout de quelques minutes l'image cesse de se déplacer sur la règle et, sauf quelques oscillations dues aux variations d'intensité de l'arc, et dont l'amplitude ne dépasse guère 1 centimètre, elle demeure stationnaire, indiquant un potentiel désormais constant de la plaque P. On peut prolonger l'expérience pendant un jour entier sans que le potentiel de P varie et il semble probable qu'il se maintiendrait indéfiniment constant, aussi longtemps du moins que les conditions de l'expérience demeureraient les mêmes.

Si l'on décharge la plaque P, elle reprend une nouvelle charge dans les mêmes conditions et le même temps que la première fois, et ce phénomène peut être reproduit indéfiniment.

MAINTIEN DU POTENTIEL. — Si la plaque réceptrice P est bien isolée, et que l'air soit dépourvu de conductibilité, si de plus il n'y a dans le voisinage de cette plaque aucun corps sur lequel tombent les rayons

efficaces, on peut enlever la plaque Q ; le potentiel de P s'abaisse alors brusquement d'un nombre de volts égal à celui que produit l'influence de Q, puis demeure ensuite constant.

Pour constater cette constance, il faut avoir soin de couper la communication entre la plaque réceptrice et l'aiguille de l'électromètre, car celle-ci, dans l'instrument utilisé, produit toujours une légère déperdition. Il en résulte que si P demeurerait en communication avec l'électromètre, quand Q a cessé d'agir, on verrait baisser peu à peu le potentiel indiqué par l'image du réticule.

Cette déperdition est bien certainement due à l'instrument ; l'aiguille, en effet, étant chargée, puis abandonnée à elle-même, sans communication avec aucun conducteur, on voit l'image se déplacer régulièrement, ce qui indique une baisse de potentiel ; la courbe représentative diffère à peine d'une droite. On est donc amené, lorsqu'on veut constater à l'aide de cet électromètre la constance du potentiel d'un conducteur, à employer la méthode suivante, indiquée par M. Duhem.

Le conducteur est isolé, mais il peut être mis facilement et rapidement, sans perte de charge, en communication avec l'électromètre, au moyen d'un godet à mercure bien isolé, interposé dans le fil de communication. On déplace ce fil à l'aide d'une pince isolante.

L'aiguille et le fil conducteur sont préalablement portés, à l'aide d'une pile de charge, au potentiel que la plaque doit avoir conservé.

Au moment où l'on établit la communication, si la plaque est bien demeurée à un potentiel constant, l'image doit rester immobile. Si elle se déplace, c'est que le potentiel a varié.

Cette méthode permet de constater que la plaque soustraite à l'influence du champ ne se décharge pas, si toutefois les conditions indiquées plus haut sont remplies. Elle révèle aussi que le potentiel de la plaque réceptrice n'augmente pas indéfiniment sous l'action d'un champ donné, dans des conditions données.

Ce potentiel, bien que s'élevant beaucoup plus haut que celui qui est produit par l'influence, demeure toujours inférieur au potentiel du corps agissant, il atteint une limite d'autant moins élevée, que la distance entre les plaques est plus grande.

Toutes les courbes de charge ont sensiblement la même forme que la courbe 4, mais leur amplitude varie avec les conditions de l'expérience.

Si l'on expérimente plusieurs fois dans les mêmes conditions avec

une plaque de *cuivre* qui sert depuis longtemps, les courbes obtenues se superposent.

La vitesse initiale de charge augmente avec le potentiel de la plaque agissante; mais nous verrons plus loin que bien d'autres causes influent sur cette vitesse.

Dans tous les cas, on arrive au bout de peu de temps à un potentiel limite, qui dépend du potentiel de la plaque agissante Q et s'élève avec lui. Ce potentiel maximum que peut atteindre la plaque réceptrice P dans des conditions données, s'écarte d'autant plus de celui de Q que les deux plaques sont plus éloignées l'une de l'autre et que le potentiel de Q est plus élevé.

§ II. — Étude de la limite de la charge positive, lorsque la distance entre les deux plaques varie, le potentiel de la plaque agissante augmentant proportionnellement à la distance.

La disposition des deux plaques de cuivre est toujours celle qui est indiquée figure 10.

La courbe α (pl. 5) a été obtenue alors que la distance entre les deux plaques était 8 centimètres et le potentiel de $Q + 200$ volts; pour la courbe β , la distance était de 4 centimètres, le potentiel de $Q + 100$ volts; enfin, pour la courbe γ , la distance était 2 centimètres et le potentiel de $Q + 50$ volts.

On voit que, bien que la valeur du champ soit sensiblement la même, s'il est permis toutefois de parler de la valeur d'un champ aussi peu uniforme que celui que l'on produit alors entre les plaques, les courbes sont très différentes.

La vitesse initiale est sensiblement la même pour les trois; cependant elle diminue bientôt pour la 3^e courbe, tandis que les deux premières demeurent sensiblement identiques jusqu'à ce que le potentiel de P atteigne 70 volts.

Cela est conforme à ce que nous avons constaté avec l'électromètre à décharges, qui donne le même nombre d'oscillations dans ces deux cas. La décharge se produit en effet avec cet électromètre, lorsque le potentiel de P est voisin de 60 volts, elle se produit au bout du même temps dans les deux expériences.

Les courbes sont très différentes à la fin, chacune tendant vers un maximum différent, qui dépend du potentiel de Q et non du champ

initial. Cela s'explique si on remarque qu'au bout de 5 minutes, par exemple, dans le 1^{er} cas (α) la plaque P est à 80 volts, la plaque Q à 200; la différence de potentiel est 120 volts, ce qui donnerait, si le champ était uniforme, 15 volts par centimètre; un tel champ est encore capable de produire une charge sur P, aussi continue-t-elle à se charger.

Dans le 2^e cas (β), après 5 minutes, P a un potentiel de 75 volts, Q étant à 100, la différence 25 volts donnerait, toujours dans le cas d'un champ uniforme, 6 volts environ par centimètre; un tel champ n'a que peu d'action et la charge devient très faible.

Enfin, dans le 3^e cas (γ), on a sur P, au bout du même temps, 43 volts; la différence est de 7 volts et l'action du champ est à peu près insensible. Si l'on considère la densité de la couche électrique négative qui se trouve sur la face éclairée de P pendant ces expériences et particulièrement après 5 minutes, on voit qu'elle est très différente d'une expérience à l'autre.

Dans l'expérience traduite par la courbe γ , elle est trop faible dès la 7^e minute pour donner lieu à un phénomène mesurable.

Cette courbe s'accorde bien avec ce que nous avons constaté à l'aide de l'électromètre à décharges qui ne donne plus d'oscillations dans ce cas. P n'atteint jamais ici les 60 volts nécessaires à la décharge.

Lorsqu'on opère à diverses distances, Q ayant un même potentiel, la vitesse de charge décroît quand la distance augmente, un peu plus vite que le champ par centimètre évalué dans l'hypothèse d'un champ uniforme.

Le potentiel maximum atteint par P diminue aussi quand la distance augmente. *Ce potentiel maximum ne dépend pas de la capacité de P*; en effet, si on relie P à un conducteur isolé de capacité plus grande, la vitesse de charge diminue notablement, la limite est atteinte beaucoup plus tard, mais elle est la même.

DEUXIÈME PARTIE

ÉQUILIBRES ET RÉGION DE FAUX ÉQUILIBRES

CHAPITRE PREMIER

Existence d'un état d'équilibre pour une plaque qui se charge positivement.

Nous avons vu dans la première partie de ce travail que le phénomène directement provoqué par la lumière est l'élévation du potentiel d'une plaque métallique entourée de corps portés à un potentiel supérieur.

Ce phénomène principal est accompagné d'un abaissement du potentiel des corps environnants qui peuvent être de nature quelconque, et dont l'éclairement n'importe pas. En d'autres termes, on peut dire que la lumière a une action directe sur l'état électrique de certains corps, lorsque ces corps portent une couche électrique négative sur leur surface éclairée. Cette action tend à faire diminuer la densité de la couche. C'est là le phénomène photo-électrique.

L'abaissement du potentiel des corps environnants est provoqué par le phénomène précédent et n'est dû à la lumière qu'indirectement.

Pour étudier avec plus de précision le phénomène photo-électrique, il nous a semblé naturel de considérer d'abord la partie primordiale de ce phénomène, c'est-à-dire la charge positive ou la décharge négative.

Mais la décharge des conducteurs électrisés peut être produite par tant de causes diverses que les résultats de l'étude d'un tel phénomène peuvent toujours être suspects.

On est donc amené à étudier le phénomène photo-électrique sous la forme de charge positive, on a ainsi des résultats plus nets et plus certains, surtout dans le cas de l'équilibre.

Nous avons étudié la charge d'une plaque de cuivre éclairée et mise en présence d'une autre plaque de cuivre portée à un potentiel constant supérieur à celui de la première. Nous avons constaté que le

potentiel de la plaque réceptrice, loin de croître sans limite, n'atteignait jamais celui de la plaque agissante.

On peut se demander si cela ne tient pas à des déperditions, et si, dans un système parfaitement isolé, le potentiel des deux plaques ne pourrait pas s'égaliser au bout d'un temps assez long.

L'électromètre à quadrants qui a servi dans ces expériences, ne présentait pas un isolement suffisant; lorsque la plaque reliée à l'électromètre était chargée, le potentiel de l'ensemble diminuait graduellement. La variation de ce potentiel, en fonction du temps, pouvait être représentée par une ligne ne différant d'une droite que par une légère convexité vers le bas. Il était donc nécessaire d'employer un mode opératoire qui fût indépendant de ce défaut d'isolement. Voici le procédé que nous avons adopté.

La plaque réceptrice en cuivre, est suspendue par des fils de soie à un bâton de verre reposant sur des pieds isolants; dans ce cas, il n'y a pas de déperdition sensible.

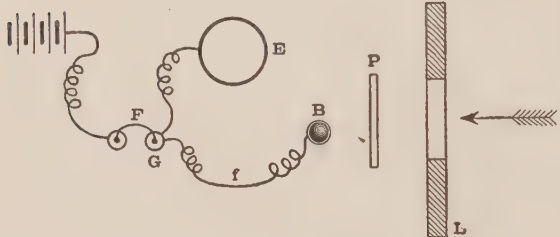


FIG. 12.

L'aiguille A de l'électromètre E est reliée à un godet de mercure G (fig. 12)

qui permet de la mettre en communication passagère avec une pile de charge fournissant le potentiel voulu. D'autre part, l'aiguille est reliée par un fil de cuivre f à une boule métallique B; cette boule est attachée par un fil de soie à un manche isolant à l'aide duquel on peut l'amener au contact de la plaque P. Si, pendant ce contact, on réunit le godet G à la pile par le pont mobile F, tout le système formé par l'aiguille A, le fil f , la boule B, et la plaque P, se trouve porté à un même potentiel V.

Séparons alors B de P, puis ôtons le pont F, l'image donnée par le miroir de l'électromètre dévie, indiquant un abaissement graduel du potentiel du système formé par A, f et B.

Si l'on veut, au bout d'un temps donné, constater que la plaque isolée P a gardé le potentiel V, on rétablit d'abord le pont F de manière à ramener à ce potentiel le système A, f , B; puis, quand

l'image a atteint sa position d'équilibre, on supprime le pont et l'on porte B au contact de P.

L'immobilité de l'image, au moment du contact, montre l'invariabilité du potentiel de la plaque.

Cette démonstration étant faite, on peut employer le même mode opératoire pour lever l'incertitude due au défaut d'isolement de l'électromètre et constater en particulier si la plaque dépasse ou non un potentiel donné.

Il suffit, en effet, de porter l'aiguille de l'électromètre et la boule à ce potentiel et d'établir de temps en temps la communication avec la plaque. Tant que le potentiel n'est pas atteint par la plaque, l'image se déplace au moment du contact, indiquant une baisse du potentiel de l'électromètre; s'il était dépassé, on aurait un déplacement de l'image en sens inverse.

Ce moyen pénible, mais sûr, permet d'énoncer ce résultat important :

Le potentiel de la plaque réceptrice n'atteint jamais celui de la plaque agissante, dans les meilleures conditions d'isolement.

Deux plaques de cuivre égales étaient placées comme l'indique la (fig. 2); la distance des centres des deux plaques était de 11 centimètres, la distance de P à l'arc 30 centimètres, Q était portée à un potentiel constant de + 90 volts.

P est en contact, au début de l'expérience, avec la boule B reliée à l'aiguille de l'électromètre.

Lorsqu'on fait arriver la lumière sur la plaque réceptrice, l'image, d'abord au zéro, se déplace lentement, la distance entre les deux plaques étant grande, et le potentiel de Q peu élevé. L'image met une heure environ à atteindre sur la règle une déviation de 13 centimètres (qui correspond à 28 volts environ) et s'arrête dans cette position.

C'est le maximum qu'elle puisse atteindre dans ces conditions, limite analogue à celles que nous avons trouvées précédemment.

Mais ce n'est pas le véritable point d'équilibre : c'est seulement un potentiel de valeur telle que la vitesse de charge soit égale à la vitesse de décharge de l'électromètre.

Bien que le champ soit loin d'être uniforme à cette distance, on peut compter qu'il est inférieur à 5 ou 6 volts par centimètre, et, dans ces conditions, la charge compense la perte. On doit donc, avec le mode opératoire indiqué plus haut, trouver une limite plus élevée.

Isolons, en effet, la plaque réceptrice; au bout d'une demi-heure, l'électromètre étant ramené au potentiel de 28 volts (image à 13 centi-

mètres) est remis en contact avec P; l'image monte à 14 centimètres : la charge de la plaque réceptrice avait donc augmenté.

Isolée de nouveau et mise au bout d'une heure en communication avec l'électromètre, préalablement porté à 40 volts (image 17,2), l'image atteint 17,8 : la plaque avait donc acquis un potentiel supérieur à 40 volts.

Une heure après cette expérience, l'électromètre était porté à 48 volts (image 20,3); la mise en communication ne change pas la position de l'image.

Cette expérience, recommencée d'heure en heure plusieurs fois, donna toujours le même résultat.

Plus tard, l'électromètre étant porté à 50 volts (image 21,5), la mise en communication fit baisser l'image à 21,3. Le potentiel de la plaque n'avait donc pas atteint 50 volts.

On peut en conclure que, dans les conditions de l'expérience, P était portée, au moment de l'équilibre, à un potentiel de 48 volts environ, en face de la plaque Q, portée à 90 volts.

Cette expérience, décisive au point de vue de la question de l'existence d'un état d'équilibre, a pu être répétée plusieurs fois à différentes époques; cependant, elle exige, relativement au milieu extérieur, des conditions qui ne peuvent pas toujours être réalisées. Il faut que l'air soit assez sec et dépourvu d'ionisation.

Il faut aussi qu'il n'y ait pas dans le voisinage d'autres corps éclairés susceptibles de prendre, comme la plaque éclairée, une charge positive.

Ces conditions sont absolument nécessaires pour toutes les expériences relatives à l'équilibre. On reconnaît qu'elles sont remplies lorsque la plaque réceptrice P, isolée et seule (c'est-à-dire en l'absence de Q), garde une charge positive, sans déperdition sensible, en présence de l'arc électrique.

Ces expériences ont eu lieu en été, par un temps sec, et principalement pendant les vacances, le laboratoire étant alors dépourvu d'ionisation.

Lorsque les laboratoires de la Faculté sont en activité, on ne peut réussir, à *certaines moments*, aucune expérience de charge. On doit attribuer cet insuccès à l'action des appareils électriques qui fonctionnent au voisinage.

CHAPITRE II

Région de faux équilibres.

§ I. — Existence d'une région de faux équilibres.

La plaque isolée P, placée devant la plaque Q, qui est maintenue à 90 volts, ne peut atteindre 50 volts ; il est donc naturel de chercher ce qui se produira si on la porte à un potentiel supérieur à 50 volts.

Le résultat obtenu varie avec l'éclairement des corps environnants.

1^{er} CAS. — Supposons que Q soit mise soigneusement à l'abri des rayons efficaces et qu'il n'y ait dans le voisinage de P aucun autre

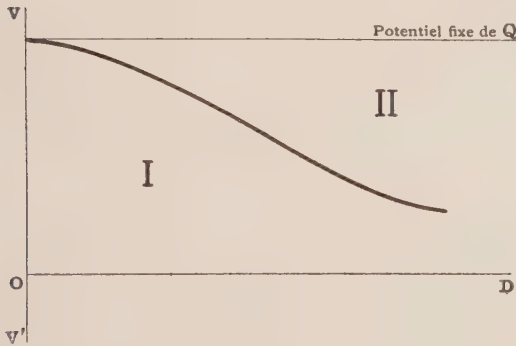


FIG. 13.

corps susceptible de se charger à distance sous l'action de la lumière.

Quel que soit le potentiel initial P (compris entre 50 volts et le potentiel de décharge disruptive), ce potentiel conserve indéfiniment sa valeur initiale.

Il y a donc équilibre pour toutes les valeurs du potentiel qui sont comprises entre ces limites très éloignées ; la région comprise entre ces limites est d'autant plus étendue que les deux plaques sont à une plus grande distance l'une de l'autre et que l'éclairement est plus faible.

Si, dans un plan, on prend deux axes de coordonnées rectangulaires, si l'on porte en abscisses sur OD (*fig. 13*) les distances entre

les deux plaques, en coordonnées sur OV le potentiel de P, un point du plan représentera un état de P défini par son potentiel et sa distance à Q. Pour chaque valeur de la distance (en admettant que Q garde pour toutes les expériences un même potentiel constant), on a un point d'équilibre, et ces points, reliés entre eux, donnent une courbe qui sépare le plan en deux régions : la région inférieure est analogue à une *région de réaction* ; quand le point représentatif y est situé, le potentiel de P augmente ; la région supérieure est une *région de faux équilibres* ; quand on prend un état de P représenté par un point de cette région, cet état est conservé (sous les conditions indiquées plus haut).

2^e CAS. — Si, au contraire, Q est éclairée par l'arc de même que P, deux cas sont à considérer :

1^o Le potentiel initial P est inférieur à 130 volts environ ; P conserve encore ce potentiel comme dans le cas précédent, et demeure en faux équilibre (toujours sous les conditions indiquées).

2^o Le potentiel initial de P est supérieur à 130 volts. Ce potentiel baisse alors d'autant plus rapidement qu'il était plus élevé ; il finit par atteindre la limite inférieure d'environ 130 volts, qu'il conserve ensuite indéfiniment.

Dans ce cas, P a changé de rôle et tout se passe comme si elle fournissait de l'électricité à Q.

Dans le cas où les plaques sont également éclairées, il y a donc autour de la valeur du potentiel fixe de Q toute une région telle que si P est portée à un potentiel compris dans cette région, elle y demeure en équilibre.

Si P est portée primitivement à un potentiel suffisamment supérieur à celui de Q, le potentiel de P baisse jusqu'à une limite inférieure, qui peut varier avec l'éclairement de Q et la distance des plaques, mais qui est toujours supérieure au potentiel fixe de Q ; la différence entre cette limite et le potentiel fixe de Q croît avec la distance des plaques.

Si, au contraire, P est portée au début à un potentiel inférieur à celui de l'équilibre, le potentiel de P s'élève jusqu'à une limite supérieure qui demeure toujours moindre que le potentiel fixe de Q.

La région comprise entre les deux limites est donc comparable aux régions de faux équilibres que l'on rencontre dans l'étude des équilibres chimiques.

§ II. — Étude de la région de faux équilibres à l'aide de l'électromètre à quadrants.

La méthode d'observations discontinues, décrite précédemment, est sûre et rigoureuse, mais longue et peu commode; de plus, elle ne se prête pas à des représentations graphiques.

Il était cependant nécessaire de l'employer pour démontrer l'existence de l'équilibre et de la région des faux équilibres.

Dorénavant, il sera plus commode d'utiliser l'électromètre en le laissant constamment relié à la plaque, et de tenir compte de la déperdition de cet instrument, puisqu'on peut la connaître.

Cette déperdition se traduit simplement par ce fait que le potentiel de la plaque seule et isolée, reliée à l'électromètre, est représenté en fonction du temps par une ligne qui est à peu près droite, mais qui descend au lieu de demeurer parallèle à l'axe des abscisses.

Au lieu du véritable équilibre, on observe un équilibre apparent correspondant à un potentiel moins élevé; mais la forme des courbes dans les différents cas est très expressive et permet de voir très clairement l'allure des phénomènes.

Si l'on prend pour abscisses les temps et pour ordonnées les potentiels de la plaque en expérience, on peut étudier d'abord la décharge de l'aiguille de l'électromètre seule, puis celle du système formé par l'aiguille et la plaque P.

Les deux courbes sont sensiblement identiques à l'obscurité, si la capacité de P est petite.

Si la capacité de P est une fraction notable de la capacité de l'aiguille (qui est assez grande à cause du godet à acide sulfurique), la chute du potentiel de l'électromètre seul est, pour une même durée, plus grande que s'il est relié à P. Cela tient à ce que cette plaque est bien isolée.

La courbe α (pl. VI) représente la déperdition de l'électromètre et aussi celle du système formé par la plaque P isolée maintenue à l'obscurité et reliée à l'aiguille de l'électromètre.

Cette étude faite, introduisons la plaque Q maintenue à un potentiel constant de + 50 volts; les deux plaques ont la position indiquée par la figure 3; la distance de leur centre est 10 centimètres.

Si Q est abritée par un écran de verre, le potentiel de P, dont la

valeur initiale est + 70 volts, a une variation représentée par une courbe qui coïncide avec la courbe α obtenue à l'obscurité et en l'absence de Q. Cela correspond à un cas d'équilibre pour P.

Si, au contraire, Q reçoit les rayons efficaces, la variation du potentiel de P est représentée par la courbe β .

La forme de cette courbe montre qu'entre 70 volts et 60 volts il n'y avait pas faux équilibre, mais décharge réelle (partie AB de la courbe), suivie d'une déperdition due à l'électromètre et représentée par une ligne sensiblement parallèle à α .

Cette ligne descend jusqu'au point de l'équilibre apparent, c'est-à-dire jusqu'à ce que la déperdition de l'électromètre soit compensée par la vitesse de charge de P.

Étudions en effet un phénomène de charge dans les mêmes conditions; pour cela, il suffit de mettre P au sol pendant un instant; quand on l'isolera de nouveau, son potentiel s'élèvera de 0 à 32 volts, comme l'indique la courbe γ , pour demeurer ensuite stationnaire.

Enfin, si l'on porte à 50 volts le potentiel initial de la plaque P, on a une ligne inclinée CD allant de 50 volts à 32, suivie d'une parallèle à l'axe des abscisses DE.

Ce potentiel final de 32 volts se présente dans les conditions de l'expérience précédente, comme un potentiel atteint en partant, soit d'un potentiel supérieur, soit d'un potentiel inférieur. Il semble donc, au premier abord, avoir les propriétés d'un équilibre véritable. Mais cette identité des limites est due uniquement à la déperdition de l'électromètre.

On peut remarquer, en effet, que la dernière courbe δ révèle un abaissement de potentiel moins rapide à partir de 40 volts environ: c'est que, lorsque P est porté à 40 volts, on n'est déjà plus dans la région des faux équilibres; il se produit réellement une petite charge de P; toutefois, la vitesse de charge pour ce potentiel étant moindre que la vitesse de déperdition de l'électromètre, le potentiel continue à baisser peu à peu, mais moins rapidement que si la déperdition seule intervenait.

Quelles que soient les limites réelles de la région des faux équilibres, elles seront nécessairement ramenées à cette limite commune pour laquelle la vitesse de déperdition est compensée par la vitesse de charge.

Nous avons vu que le résultat est tout à fait différent si les deux

plaques éclairées sont bien isolées; dans ce cas, en effet, la limite atteinte par le potentiel de P, lorsque ce potentiel part de zéro, ou de toute autre valeur inférieure à 40 volts environ, est très différente de la limite atteinte lorsque le potentiel part d'une valeur supérieure à 60 volts.

Les deux limites, au lieu de coïncider, sont distantes de 20 volts environ, et cet écart serait plus grand encore si les deux plaques étaient plus éloignées l'une de l'autre.

De plus, si l'on donne à la plaque P un potentiel initial compris entre les deux limites, ce potentiel est indéfiniment conservé.

Lorsque la distance entre les deux plaques est très petite, la région des faux équilibres est extrêmement étroite et, par conséquent, très difficile à observer; c'est dans ce cas que l'on a trouvé l'égalisation des potentiels.

On a, au contraire, des cas très nets de faux équilibres, en opérant avec des plaques très éloignées, c'est-à-dire en plaçant ces plaques à une distance d'au moins 10 centimètres l'une de l'autre.

Si l'on veut considérer la densité de la couche négative située sur la surface éclairée de la plaque qui subit le phénomène photo-électrique, on voit que cette densité diminue, sous l'action de la lumière, jusqu'à une valeur minima qui ne serait nulle qu'au contact.

§ III. — Étude de la décharge positive d'une plaque.

Nous venons de voir que lorsqu'une plaque de cuivre est portée à un potentiel beaucoup plus élevé que le potentiel fixe d'une autre plaque éclairée, placée comme l'indique la figure 4, elle se décharge. Cette décharge positive, observée par quelques expérimentateurs et contestée par d'autres, est soumise à une loi simple que nous allons rechercher.

Étudions l'influence exercée sur cette décharge par le potentiel fixe de l'autre plaque.

Soit toujours Q la plaque dont le potentiel est constant, P l'autre plaque qui est, dans toutes les expériences de la série, portée à un potentiel initial de + 70 volts.

La courbe α (pl. VII) représente la décharge de P devant Q portée également à + 70 volts.

On a la courbe β lorsque Q est maintenue à + 50 volts, la courbe γ

lorsque Q est reliée au sol, enfin la courbe δ lorsque Q est maintenue à un potentiel constant de — 50 volts.

On voit que le potentiel de Q a une influence énorme sur la vitesse de décharge de P, si toutefois Q est éclairée; dans le cas contraire la décharge de P s'effectue de la même manière que si cette plaque est seule. La décharge n'est due alors qu'au défaut d'isolement, et la courbe qui la représente est analogue à α quel que soit le potentiel de Q.

Cette remarque est extrêmement importante, car elle indique ce fait déjà mis en évidence par des expériences précédentes, que *la décharge positive est un phénomène secondaire provoqué par la charge positive d'un autre corps dont le potentiel augmente sous l'influence des rayons ultraviolets.*

Cela explique la discordance des avis relativement à la décharge positive : la lumière, en effet, ne suffit pas à la produire, il faut encore la présence d'un autre corps capable de se charger et dont le potentiel augmente.

IV. — Étude des deux phénomènes corrélatifs et simultanés de charge et de décharge positive à l'aide de l'électromètre à quadrants

Si la plaque Q n'est pas maintenue à un potentiel constant, on peut observer la décharge de cette plaque en même temps que la charge de P et comparer les deux phénomènes simultanés.

Les courbes de la planche VIII représentent la variation, en fonction du temps, du potentiel des deux plaques. La courbe β représente la décharge de Q, la courbe γ la charge de P.

Ces deux courbes se terminent par des parties sensiblement droites et parallèles, qui correspondraient à un équilibre si l'électromètre n'avait pas de déperdition. On peut constater, en effet, que ces deux courbes sont, à partir d'un certain point, parallèles à la courbe α qui représente la déperdition de l'électromètre.

Les deux plaques prennent donc un état d'équilibre, caractérisé par une différence de potentiel notable, et d'autant plus importante que leur distance est plus grande et l'éclairement moins intense.

§ V. — **Étude de la charge et de la décharge simultanées à l'aide de deux électroscopes à feuilles.**

Les électroscopes à feuilles, qui présentent un très bon isolement, permettent de montrer d'un manière frappante la relation qui existe entre la charge d'une plaque et la décharge de l'autre. Relions une plaque P à un électroscope E, et une autre plaque P' à un autre électroscope E'. Ces électroscopes ont chacun une seule feuille d'or et une lame rigide; les ombres de la lame et de la feuille d'or sont projetées sur une lame de verre dépoli munie d'une graduation, de sorte que l'on peut facilement lire l'angle d'écart, et évaluer les variations d'écart, même faibles.

E', chargé positivement de manière à avoir un angle d'écart de 60° , est placé près de E; les deux plaques P' et P sont placées dans la position indiquée figure 4.

Tant qu'il n'y a dans le voisinage de P' aucun corps éclairé autre que l'air, l'angle d'écart de la feuille de E' ne varie pas, bien que P' soit éclairée.

Mais si la lumière de l'arc frappe un métal voisin, P' se décharge, et la feuille de E' se rapproche de son support. Pendant que P' se décharge, le métal éclairé se charge; en effet, si ce métal est la plaque P, on voit la feuille de l'électroscope E, auquel elle est reliée, s'écarter graduellement de la verticale jusqu'à ce qu'elle ait atteint un certain état d'équilibre.

L'écart, au moment de l'équilibre, est toujours moindre non seulement que l'écart initial de E', mais même, et cela très nettement, que le nouvel écart qu'il atteint. En effet, lorsque E cesse de se charger, E' cesse de se décharger, et les deux feuilles d'or prennent un état d'équilibre, qui peut être conservé très longtemps, soit qu'on les maintienne éclairées, soit que l'on éteigne l'arc.

CHAPITRE III

Déplacement de l'équilibre.

§ I. — Déplacement par variation du champ.

1^o VARIATION DU POTENTIEL DE P' . — Reprenons le dispositif précédent.

Supposons que la lame P demeure éclairée et qu'on la décharge en la mettant pendant un instant en communication avec le sol; dès que cette communication a cessé, P se charge de nouveau, et pendant cette charge, on peut constater une nouvelle décharge de P' . Au bout de quelques minutes, un nouvel état d'équilibre est atteint, qui se maintient de même jusqu'à ce que l'on touche P . Si, de nouveau, on décharge P , le phénomène recommence, mais à chaque état d'équilibre successif l'écart des feuilles diminue et il arrive un moment où cet écart est trop faible pour être facilement observé: la valeur absolue de la densité de la couche électrique, située au moment de l'équilibre sur les surfaces des plaques placées en regard, diminue d'une expérience à l'autre.

Si l'on maintient P au sol, P' se décharge graduellement jusqu'à ce que la feuille de E' ait une position très voisine de la lame fixe. Cependant la décharge n'est jamais totale; elle s'arrête lorsque le potentiel P' est assez bas pour que le champ qui existe entre les deux plaques soit trop faible pour déterminer le phénomène.

Inversement, un premier état d'équilibre étant atteint, et P étant toujours éclairée, si on élève le potentiel de P' , la feuille d'or de E s'écarte davantage jusqu'à ce qu'un nouvel état d'équilibre soit atteint. On peut ainsi, en donnant successivement à P' de nouvelles charges, obtenir des états d'équilibre correspondant à des densités et à des potentiels de plus en plus élevés. Il n'y a d'autre limite au phénomène que la décharge de P' par étincelles.

CAS DE FAUX ÉQUILIBRE. — Les deux plaques P et P' , toutes deux éclairées, étant initialement en équilibre, nous avons vu ce qui se passe

lorsqu'on élève le potentiel de P' (qui était déjà au potentiel le plus élevé) ou lorsqu'on abaisse celui de P , c'est-à-dire lorsqu'on agit sur l'une des deux plaques de manière à augmenter la différence de potentiel.

Dans les deux cas, les plaques éprouvent une variation simultanée de potentiel, qui les ramène à un nouvel état d'équilibre. Il est naturel après cela de chercher ce qui se produit si l'on abaisse le potentiel de P' ou si l'on élève celui de P , c'est-à-dire si l'on impose à l'une des plaques une variation de potentiel qui tende à diminuer la différence de potentiel des plaques au lieu de l'augmenter.

L'expérience montre que dans ce cas il ne se produit ultérieurement aucune variation du potentiel.

Les deux plaques demeurent en équilibre pour des potentiels quelconques compris entre des limites assez étendues.

Si l'on décharge partiellement P' , par exemple, l'équilibre subsiste non seulement pour tous les potentiels supérieurs à celui de P , mais encore pour des potentiels inférieurs, et il faut amener P' à un potentiel notablement inférieur à celui de P pour constater une variation ultérieure (charge de P' , décharge de P), qui conduit à un nouvel état d'équilibre, encore faut-il, pour que cette variation ait lieu, que P' soit éclairée.

De même il faudrait charger P à un potentiel beaucoup plus élevé que celui de P' pour que l'équilibre soit rompu.

2° VARIATION DUE AU CHANGEMENT DE DISTANCE ENTRE LES PLAQUES. —

Les deux plaques étant en équilibre, les feuilles d'or immobiles avec des écarts différents, si l'on éloigne les deux plaques l'une de l'autre, il ne se produit d'abord qu'une *légère* diminution *Brusque* des écarts des deux feuilles, à cause de la diminution de l'influence; après quoi, l'équilibre se conserve de nouveau.

Il n'en est pas de même si l'on rapproche les deux plaques: dans ce cas, en effet, après l'augmentation brusque d'écart due à l'augmentation de l'influence, on peut constater une augmentation lente de l'écart pour l'électroscope E , relié à la plaque P que nous supposons être au potentiel le moins élevé; en même temps il se produit une diminution d'écart pour l'électroscope E' .

Il y a eu changement dans l'état d'équilibre, et tout s'est passé comme si P' avait cédé une nouvelle quantité d'électricité à P .

COURBES REPRÉSENTATIVES. — En résumé, un état d'équilibre étant atteint, certaines modifications dans le champ peuvent faire varier ou non cet état d'équilibre, et la permanence de l'équilibre ne peut s'expliquer que par une région de faux équilibres. En utilisant cette propriété, mise en lumière dans les expériences précédemment décrites, nous obtenons une interprétation extrêmement simple de ces faits qui peuvent paraître, au premier abord, d'une étonnante singularité.

Prenons pour abscisse la distance des deux plaques, pour ordonnée

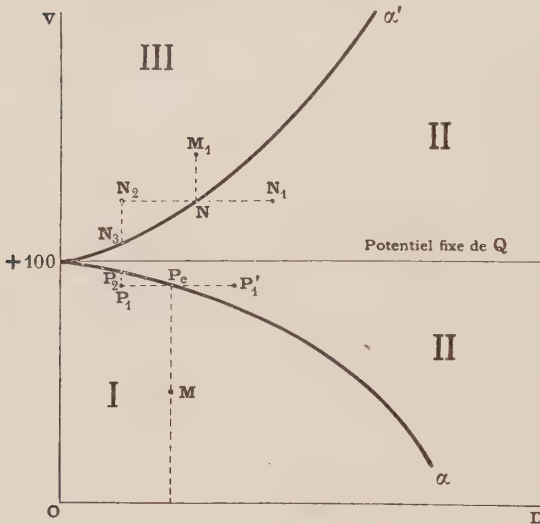


FIG. 14.

d'une courbe α le potentiel d'équilibre de la plaque P devant Q maintenue à + 100 volts, par exemple.

Si les plaques sont à une distance nulle, c'est-à-dire au contact, et si elles sont de même métal, elles prendront le même potentiel desorte que les deux courbes d'équilibre se rencontrent sur OV en un point qui correspond au potentiel de la

plaque Q. Pour toute autre distance entre les plaques, on peut représenter l'état de la plaque P (quant à son potentiel et à sa distance à Q) par un point M du plan (*fig. 14*).

Si le point M est dans la région de charge, P se chargera jusqu'à ce que le point représentatif vienne en P_e .

Si alors on diminue la distance des plaques, le point représentatif vient en P_1 , il rentre dans la région de charge, et le potentiel de la plaque P augmente jusqu'à ce qu'il ait atteint la valeur représentée par P_2 ; si, au contraire, partant de l'état P_e , on augmente la distance des plaques, le point représentatif passe en P'_1 , dans la région des faux équilibres, et le système demeure en cet état.

Si l'on donne à P un potentiel initial qui place le point représentatif

en M_1 , par exemple, dans la région de décharge, ce potentiel baisse jusqu'à ce que le point représentatif vienne sur la courbe α' en N .

Augmentons alors la distance entre les plaques, le point représentatif passe en N_1 dans la région de faux équilibre, le potentiel de P demeure constant. Si, au contraire, on diminue cette distance, le point représentatif passe en N_2 dans la région de décharge, et le potentiel de P s'abaisse jusqu'à ce que le point représentatif vienne en N_3 qui est la position d'équilibre relative à la nouvelle distance entre les plaques.

DÉTERMINATION EXPÉRIMENTALE DES LIMITES DE LA RÉGION DES FAUX ÉQUILIBRES. — On place les deux plaques à une distance connue, et toutes deux éclairées de la même manière par l'arc ; maintenons Q à un potentiel constant de + 100 volts ; P , éclairée, se charge jusqu'à ce qu'elle ait atteint un potentiel d'équilibre qui dépend de l'éclairement et de sa distance à Q . Supposons que dans les conditions de l'expérience, l'équilibre ait lieu lorsque P a atteint un potentiel de + 70 volts, le point dont l'abscisse est égale à la distance des plaques et dont l'ordonnée représente + 70 volts, est un point de la courbe inférieure d'équilibre, c'est-à-dire de la courbe α .

Augmentons alors le potentiel de P , le point représentatif se déplace sur une parallèle à OV si l'on donne à P un potentiel de 80 volts, de 90, de 100 et même 120 volts, il ne se produit pas de variation ultérieure de son potentiel, les points représentatifs sont donc tous situés dans la région des faux équilibres ; mais si l'on augmente suffisamment le potentiel de P pour porter le point représentatif dans la région de décharge, il y aura décharge ultérieure de P jusqu'à une valeur du potentiel qui donnera un point de la courbe α' , qui limite supérieurement la région des faux équilibres.

Ces mesures, théoriquement faciles, offrent dans la pratique d'assez grandes difficultés à cause des précautions qu'elles exigent.

Il faut, pour observer l'équilibre, que l'air soit dépourvu d'ionisation, et que l'on ait soigneusement écarté du conducteur étudié tout corps susceptible de se charger à ses dépens.

De plus, lorsque les plaques sont à plus de 10 centimètres l'une de l'autre, et que les potentiels sont de l'ordre de ceux que l'on peut mesurer avec l'électromètre à quadrants, les expériences sont très longues, et chaque détermination d'un point d'équilibre exige cinq ou six heures d'observation. Pour ces raisons nous n'avons fait qu'un nombre restreint de ces mesures.

Le tableau suivant donne les résultats obtenus pour les potentiels d'équilibre d'une plaque P, placée à des distances variables d'une plaque Q, qui était maintenue au potentiel de + 90 volts.

P était placée à 30 centimètres de l'arc, et recevait normalement la lumière qui passait par une large ouverture pratiquée dans la plaque Q.

DISTANCE ENTRE P ET Q	POTENTIEL MAX. DE Q DONNANT UN POINT DE α	POTENTIEL MIN. DE P DONNANT UN POINT DE α'
2 centimètres	84 volts	97,5
6 —	62 —	121
11 —	48 —	137

Dans une autre série d'expériences, nous avons déterminé la valeur maximum que prend le potentiel de la plaque P, maintenue à 2 centimètres de Q, le potentiel de cette dernière plaque variant d'une expérience à l'autre.

Les résultats sont résumés par le tableau suivant :

POTENTIEL FIXE DE Q	POTENTIEL MAX. ACQUIS PAR P
30	24,5
40	33
50	42
60	51
70	66
90	84
150	134
200	185

Ces résultats, bien qu'ils soient dus à de longues et minutieuses expériences, n'ont cependant pas une grande valeur, car l'intensité de la lumière de l'arc pouvait n'être pas la même d'une expérience à l'autre, et il suffit d'une variation assez légère de cette intensité pour faire varier de 2 ou 3 volts la valeur du potentiel maximum.

Pour avoir la forme approximative des courbes d'équilibre, nous

avons fait des mesures plus rapides, mais moins précises, qui ont indiqué suffisamment les courbes données dans les figures 13, 14 et 15.

Si on élève le potentiel fixe de Q, la région des faux équilibres se trouve relevée, et les courbes se déplacent, subissant une translation vers le haut accompagnée d'un léger écart.

Si les plaques sont à une grande distance, il ne faut pas craindre de prolonger les expériences afin d'être assuré que l'on a bien atteint la limite, car la vitesse de charge diminue alors très rapidement. L'état d'équilibre, qui peut être atteint en peu de minutes si la distance des plaques est inférieure à 3 centimètres, n'est atteint qu'au bout de plusieurs heures pour des distances voisines de 20 centimètres et des potentiels faibles.

Pour les hauts potentiels que l'on obtient avec une machine statique, on peut avoir des vitesses plus grandes à deux ou trois mètres et l'état d'équilibre peut être atteint en quelques minutes.

§ II. — Déplacement de l'équilibre par variation d'éclairement.

Lorsqu'on diminue l'intensité de l'arc ou lorsqu'on l'éloigne des deux plaques sans modifier leur position respective, l'équilibre acquis est exactement conservé; il en est de même si l'on éteint l'arc.

Mais si, au contraire, on augmente l'intensité de l'arc ou si on le rapproche de la plaque dont le potentiel est le plus bas, il y a un déplacement ultérieur de l'équilibre qui diminue la différence de potentiel entre les deux plaques.

RÉGION DES FAUX ÉQUILIBRES RELATIVE A L'ÉCLAIREMENT. — On peut considérer une région de faux équilibres relative à l'éclairement.

Cette région, aussi large pour un éclairément nul que celle qui sépare les potentiels explosifs à l'obscurité, se rétrécit à mesure que l'intensité de la lumière augmente.

Prenons pour abscisses les valeurs d'une quantité qui croisse avec l'intensité de la lumière reçue par la plaque dont le potentiel est le plus bas; pour ordonnées, les potentiels d'équilibre de P correspondant à une distance fixe de la plaque à potentiel fixe Q, nous aurons deux courbes β et β' (*fig. 15*) qui déterminent dans le plan trois régions.

Pour un éclairément donné e , si la plaque étudiée P se trouve à un potentiel représenté par M_1 , elle se charge jusqu'à ce que le point

représentatif vienne en M. Si, au contraire, elle est à un potentiel représenté par M'_1 et que l'autre plaque soit éclairée, elle se décharge jusqu'à ce que le point représentatif vienne en M' . Enfin, si elle est à un potentiel représenté par un point situé entre M et M' , tel que K, elle y demeure.

L'équilibre étant atteint en M ou M' , si l'on diminue l'éclairement, le point représentatif passe dans la région des faux équilibres en M_2 ou M'_2 et les feuilles d'or demeurent absolument immobiles, puisque l'influence n'a pas varié.

Si, au contraire, on augmente l'éclairement, le point représentatif vient en N_1 ou N'_1 hors de la région des faux équilibres, et il y a charge ou décharge ultérieure jusqu'à ce que le point représentatif vienne en N ou en N' .

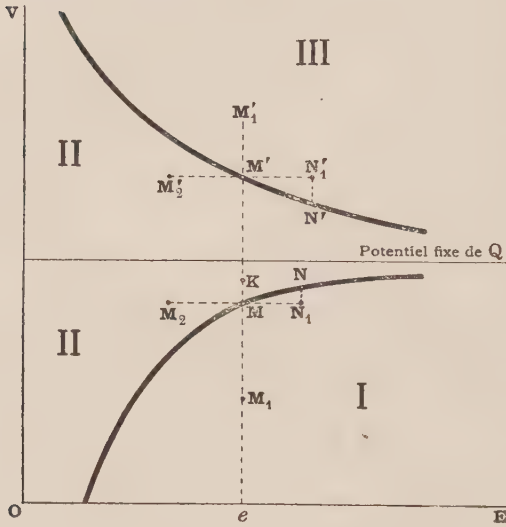


FIG. 15.

Ici encore nous de-

avons remarquer que, l'éclairement augmentant, la vitesse de charge ou de décharge augmente aussi considérablement, de sorte que l'équilibre est atteint d'autant plus vite que l'intensité de la lumière qui frappe la plaque (P pour la charge, Q pour la décharge) est plus grande.

Les faibles éclairagements exigent donc une durée d'expérience suffisamment grande. Nous avons déjà vu, avec l'électromètre à décharges, que la fréquence des oscillations, qui mesure la vitesse moyenne de charge, varie comme l'éclairement.

On voit que, dans tous les cas étudiés, la considération de ces régions de faux équilibres permet de donner une explication claire des faits. Ces faits nouveaux ont d'ailleurs été révélés par des expériences faciles à répéter avec des instruments très simples.

CHAPITRE IV

Interposition d'écrans dans le champ électrique.

§ I. — Écrans métalliques.

Les expériences faites à propos de l'équilibre, notamment celles qui permettent de constater qu'à une charge positive de P_b correspond toujours une décharge de P_h , et réciproquement, doivent être complétées par la recherche de ce qui se produit si l'on interpose des écrans entre les deux plaques.

Dans ces expériences, il faut avoir grand soin d'assurer l'isolement des plaques et des écrans et surtout d'éviter les réflexions de la lumière qui pourraient compliquer le phénomène.

Les deux plaques P_h et P_b étaient deux plaques de cuivre à coins arrondis. Elles étaient suspendues par des fils de soie à des bâtons de verre reposant sur des supports de bois et placées dans la position indiquée par la figure 4. Dans cette position, les rayons réfléchis par une plaque ne rencontrent pas l'autre. On s'assure avant tout que si l'on interpose un écran de verre entre l'orifice de la lame de cristal et P_b , il n'y a pas de charge.

L'écran E est alors placé entre les deux plaques.

1° ÉCRAN MÉTALLIQUE A UN POTENTIEL FIXE. — Prenons d'abord un écran métallique *total*, c'est-à-dire coupant toutes les lignes de champ allant de P_h à P_b .

Si cet écran est maintenu à un potentiel constant, qu'il soit éclairé ou non, il se substitue à la plaque P_h , et agit sur la plaque réceptrice P_b selon les lois exposées plus haut.

La plaque P_h n'intervient plus.

Si E est à un potentiel suffisant, P_b se charge, et cela dans les mêmes conditions que si P_h n'existait pas. Si, au contraire, le potentiel de E est inférieur à une certaine limite, P_b demeure en équilibre.

En particulier, si l'écran métallique est au sol, il ne se produit aucune charge sur P_b .

Si l'écran est *partiel*, c'est-à-dire s'il n'intercepte qu'une partie des lignes de force, P_h agit en raison de la portion découverte, et l'écran pour l'autre partie comme dans le cas précédent.

L'effet est encore indépendant de l'éclairement de l'écran, si toutefois son potentiel n'est pas trop inférieur à celui de P_b .

2° ÉCRAN MÉTALLIQUE ISOLÉ. — Quand l'écran métallique est isolé,

l'effet qu'il produit dépend de son éclairement.

S'il est éclairé du côté de P_b (fig. 16) et si P_b n'est pas, au début de l'expérience, à un potentiel supérieur à celui de l'écran, celui-ci ne se charge pas, ce que l'on peut constater en le reliant à un électromètre,

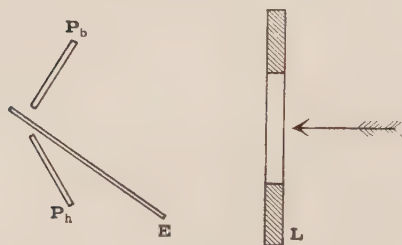


FIG. 16.

et P_b garde un potentiel sensiblement invariable, quel que soit le champ produit par P_h , à partir du moment où l'influence de P_h sur E s'est produite.

Pendant cette expérience, il faut éviter avec soin qu'aucun rayon réfléchi vienne frapper la face de l'écran tournée vers P_h . Car si l'écran est éclairé du côté de P_h (fig. 17), il constitue une plaque éclairée à potentiel plus bas que celui de P_h et se charge positivement. Quand l'écran a ainsi acquis un potentiel suffisant, P_b peut se charger à son tour.

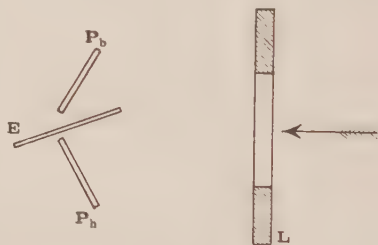


FIG. 17.

On peut constater directement la charge de l'écran, mais l'étude de P_b suffit à montrer nettement le mécanisme du phénomène; la courbe de charge, en effet, n'a plus la forme ordinaire; au lieu de s'élever rapidement, elle montre que la vitesse de charge, d'abord très petite, croît ensuite à mesure que s'élève le potentiel de l'écran. La courbe α (pl. IX) représente la charge positive de P_b devant P_h portée à + 70 volts, sans écran; la courbe β a été obtenue dans les mêmes conditions,

mais en plaçant l'écran E entre les deux plaques, cet écran étant *isolé* et éclairé du côté de P_h .

L'écran partiel a un effet analogue : non éclairé ou éclairé seulement du côté de P_b , il agit en diminuant la vitesse de charge de P_b . Éclairé du côté de P_h , son rôle est celui que permet de prévoir l'action de l'écran total.

Un écran métallique isolé, et éclairé du côté de P_h , agit donc comme s'il transmettait l'électricité positive, jouant successivement le rôle de plaque à bas potentiel devant P_h , puis celui de plaque à haut potentiel devant P_b .

On peut remarquer que, bien que les lignes de force traversent l'écran isolé, la charge de P_b ne se produit jamais si cet écran n'est pas éclairé du côté de P_h , c'est-à-dire s'il n'a pu lui-même prendre préalablement une charge positive. Peut-être pourrait-on expliquer cet effet de l'écran isolé en supposant que la couche électrique positive, formée sur l'écran par l'influence de P_h , et située sur la face de cet écran tournée vers P_b , cesse d'exister ou tout au moins diminue par suite de l'action de la lumière sur P_b . Le champ peut alors devenir assez faible entre l'écran et P_b pour que le potentiel de P_b cesse d'augmenter.

§ II. — Écrans diélectriques solides.

Si l'on pose entre P_h et P_b un écran total en verre ou en paraffine, bien que cet écran laisse subsister le champ électrique, la charge de P_b ne se produit plus ou devient très faible.

Un écran diélectrique partiel diminue la vitesse de charge en raison du nombre des lignes de force qu'il coupe.

Pour obtenir des effets nets avec des lames diélectriques, il faut avoir bien soin de disposer l'écran, de manière qu'il n'ait aucun contact avec la plaque agissante, avec son fil de charge, ou même avec un diélectrique solide étendu touchant cette plaque.

La meilleure disposition consiste à suspendre les plaques par des fils de soie à des supports isolants, l'écran étant soit suspendu de même, soit posé sur un support ; tous les supports sont en outre placés sur une grande plaque conductrice au sol.

Sans ces précautions, on obtient souvent de fortes charges dues

aux supports diélectriques. C'est ainsi qu'au début de ces expériences, ayant placé une plaque de cuivre P_h liée à un support de soufre, et portée à un potentiel positif constant au fond d'un bocal de verre recouvert lui-même d'une plaque de verre, on obtenait une forte charge de P_b placée hors du bocal, lorsque celui-ci était éclairé. Cette charge était même beaucoup plus rapide et atteignait un potentiel plus élevé que lorsque P_h occupait la même position, le bocal étant enlevé. Le même fait se présentait encore en opérant sur deux plaques reposant, ainsi qu'un écran de verre, sur un même support de paraffine. La charge était plus rapide, et le potentiel s'élevait plus haut si l'on interposait l'écran de verre éclairé entre les deux plaques, que si l'on supprimait cet écran.

Cependant si la plaque de verre n'était pas éclairée, la charge ne se produisait plus.

Plusieurs des expériences qui précèdent, paraissent en contradiction avec celles de M. Righi, qui a découvert qu'il n'était pas nécessaire de charger préalablement les disques dont il se servait, pour avoir une déviation de l'électromètre relié au disque éclairé.

Mais les charges qu'il a observées dans ce cas étaient très faibles, et les potentiels de l'ordre du volt.

Il m'est arrivé souvent de constater de petites charges positives de cet ordre alors que je pensais qu'il ne devait s'en produire aucune; mais elles m'ont paru négligeables, à une première approximation, devant celles que j'obtenais d'habitude, et je les ai attribuées à la présence des causes d'erreur qui existent toujours dans un laboratoire, et particulièrement à l'action de la lampe à arc et des fils qui amènent le courant. Tout corps électrisé positivement, qui peut être vu de la face éclairée de la plaque P_b contribue à la charge positive de cette plaque, selon son potentiel et l'angle sous lequel il est vu.

CHAPITRE V

Étude du phénomène secondaire.

Il est intéressant d'étudier maintenant le phénomène corrélatif du précédent, c'est-à-dire la diminution du potentiel des corps avoisinant une plaque qui porte une couche électrique négative sur sa face éclairée.

Nous avons vu que ce phénomène peut se présenter sous deux formes : décharge positive ou charge négative.

Pour les mêmes raisons que précédemment, nous considérerons le cas de la charge négative et nous étudierons cette charge sur une plaque de cuivre bien isolée.

§ I. — Étude de l'équilibre et des faux équilibres pour les plaques chargées négativement.

L'effet des écrans de verre permet de mettre en évidence l'existence d'une région de faux équilibres pour la charge négative de P.

Nous avons vu que si l'on place devant une plaque P éclairée ou non, une autre plaque Q *éclairée* et maintenue à un potentiel négatif suffisant, P prend une charge négative qui croît jusqu'à ce que le potentiel ait atteint une certaine valeur, et que ce potentiel est ensuite conservé, *même si P est éclairée*, tant que les conditions de l'expérience demeurent les mêmes.

On pourrait penser que P, électrisée négativement et éclairée, subit la déperdition négative, mais que la quantité d'électricité qu'elle perd est compensée par celle que lui fournit Q. Il n'en est pas ainsi.

En effet, lorsque P a atteint son potentiel maximum, si l'on interpose un écran de verre entre les deux plaques, ce qui, nous le savons, empêche la charge, P garde un potentiel constant, bien qu'elle ne

reçoive plus d'électricité et qu'elle soit soumise à l'action des rayons ultraviolets.

On voit donc que le champ créé par Q empêche la décharge qui tend à se produire sous l'action de la lumière, cela tient à ce que la face éclairée de P porte une couche électrique positive bien que l'ensemble ait un potentiel négatif.

Si, en effet, on éloigne Q ou si on la met au sol, P se décharge (1). Mais tant que le champ demeure suffisant, la décharge est arrêtée. Il ne s'agit pas ici, d'ailleurs, d'un équilibre mobile ; car si l'on décharge P par contact, soit totalement, soit partiellement, elle ne se recharge pas dans ces conditions, c'est-à-dire si l'écran de verre est entre les deux plaques.

Si le champ suffit pour arrêter la décharge négative, dans le cas où il est incapable de produire la charge, on peut admettre qu'il l'arrête aussi lorsqu'il n'est coupé par aucun écran et que l'équilibre qui se produit lorsque P a atteint son potentiel maximum, est un équilibre réel et non un équilibre mobile.

Si d'ailleurs la plaque P, éclairée, était déchargée partiellement par les rayons ultraviolets pendant qu'elle se charge sous l'action de Q, sa charge serait moins rapide quand elle est éclairée que lorsqu'elle est à l'abri des rayons efficaces, ce qui n'a pas lieu.

La lumière ne peut décharger P que lorsque le potentiel de cette plaque est moins élevé (en valeur algébrique) que celui des corps environnants, c'est-à-dire lorsqu'elle porte sur la face éclairée une couche électrique négative.

Si P n'est pas éclairée, son potentiel demeure constant pour toutes les valeurs supérieures au potentiel d'équilibre.

Si l'on prend pour abscisses les distances des deux plaques, pour ordonnées les potentiels négatifs maxima de P, la courbe d'équilibre divise le plan en deux régions ; celle qui est située au-dessous de la courbe est la région de charge (à la condition de prendre ici les potentiels négatifs vers le haut) celle qui est au-dessus, la région des faux équilibres.

Relativement à l'éclairement de Q, la courbe qui sépare les deux régions aurait une forme analogue à celle que nous avons vue pour la charge positive. Mais si l'on éclaire P et si on élève son potentiel à une

(1) Les parois de la salle fournissent le champ nécessaire à cette décharge.

valeur suffisamment supérieure (en valeur absolue) à celui de Q, elle change de rôle et se décharge à son tour.

**§ II. — Étude simultanée de la décharge négative
et de la charge négative.**

On peut, pour cette étude, reprendre les deux électroscopes reliés chacun à l'une des plaques. L'un d'eux E' étant porté à un potentiel suffisant, on met les deux plaques en présence dans la position indiquée par la figure 4, un écran de verre fermant l'orifice de la lame L; les deux électroscopes demeurent immobiles, l'un chargé, l'autre à un potentiel nul.

Si l'on déplace l'écran de manière à éclairer seulement la plaque chargée P' , on voit la feuille de l'électroscope E' relié à P' se rapprocher de son support et indiquer une baisse rapide de potentiel, pendant que la feuille de l'électroscope E relié à P s'écarte jusqu'à une certaine position d'équilibre.

Si le champ n'est pas uniforme autour de P' , comme cela arrive dans la disposition indiquée dans la figure 4, E' continue à se décharger même après que P a cessé de se charger, et on ne peut pas, comme dans le cas de la décharge positive, constater un arrêt de la décharge. Il faut, pour constater cet arrêt, que toutes les lignes de force issues de P' rencontrent un corps chargé négativement et porté à un potentiel suffisant.

Si les deux plaques sont éclairées, P , après avoir atteint un potentiel maximum, se décharge aussi (dans le cas de la figure 4), de sorte qu'au bout de peu de minutes les deux électroscopes sont déchargés. Cela tient à ce qu'il existe autour des deux plaques un champ dirigé vers elles; sous l'action de la lumière, ce champ détermine la décharge.

CHAPITRE VI

Nature des radiations qui donnent naissance au phénomène photo-électrique.

D'après ce qui précède, trois conditions sont absolument nécessaires pour que le phénomène photo-électrique puisse se produire. Il faut : 1^o *que le milieu ne soit pas conducteur* ; 2^o *qu'il y ait un champ électrique dont les lignes soient orientées vers la plaque éclairée* ; 3^o *que la lumière ultraviolette frappe cette plaque du côté où elle porte une couche électrique négative*. Nous avons vu aussi que ces conditions ne sont pas toujours suffisantes, car des écrans peuvent empêcher l'action, mais elles le sont toujours s'il s'agit de deux plaques de cuivre sans écran entre elles.

Voici les expériences qui établissent que c'est bien la lumière ultraviolette qui agit dans ce phénomène, et non d'autres radiations issues de l'arc ou du soleil.

Le phénomène se produisant au soleil, on doit admettre que les radiations efficaces existent dans ce qui nous arrive des radiations solaires.

D'ailleurs, que l'on prenne pour source lumineuse le soleil ou l'arc électrique, la charge d'une plaque de cuivre est arrêtée dès que l'on interpose sur le trajet des rayons qui la frappent, une lame de verre ou de mica, tandis que la charge continue à se produire, si l'on interpose une lame transparente pour les rayons ultraviolets, telle que le sel gemme, la fluorine, le quartz.

Pour le montrer, on peut placer les 2 plaques dans un cylindre de cristal épais fermé de toutes parts.

Ce cylindre présente un orifice devant lequel on colle successivement les lames dont on veut étudier la transparence pour les rayons efficaces.

On note alors, pour des conditions de potentiel et de distance invariables, comment varie la charge de P, suivant les écrans employés.

Les résultats obtenus varient d'un métal à l'autre.

Pour le cuivre, le verre, même mince (0^{mm}8), est opaque, ainsi que le spath d'Islande et le gypse; sous une épaisseur de 1 millimètre, le quartz est un peu transparent sous cette épaisseur, mais il absorbe encore une grande quantité des rayons efficaces.

La fluorine, sous une épaisseur de 4 millimètres, est plus transparente que le quartz; sous une épaisseur de 1 millimètre, le sel gemme est plus transparent encore, car sous une épaisseur de 1 centimètre il diminue peu l'intensité du phénomène.

Pour essayer les liquides, j'avais construit une petite cuve en sel gemme qui s'appliquait aussi devant l'orifice par lequel entraient les radiations.

Cette cuve, vide, ralentissait le phénomène à cause des deux épaisseurs de sel que les radiations devaient traverser; mais qu'elle fût vide ou pleine d'eau, on ne constatait pas de différence. L'eau salée paraît donc très transparente aux rayons efficaces dans le phénomène photo-électrique. Les autres liquides que j'ai étudiés étaient opaques.

Une fine lamelle de mica, une feuille de papier, une mince peau d'agneau tannée arrêtaient complètement les rayons efficaces.

La courbe α (planche X) représente la charge positive d'une plaque de cuivre P, placée dans le cylindre en présence d'une plaque P' maintenue au potentiel de + 100 volts, l'orifice du cylindre étant ouvert et laissant librement pénétrer la lumière.

La courbe β a été obtenue dans une expérience analogue, mais pendant laquelle l'orifice était fermé par une plaque de sel gemme de 8 millimètres d'épaisseur.

Pour la courbe γ , l'écran était une plaque de fluorine de 4 millimètres.

On peut remarquer que l'absorption de la lumière par ces écrans a plus d'influence sur la vitesse de charge au début que sur le maximum atteint.

Ce qui précède rend déjà probable l'hypothèse que les rayons efficaces sont les rayons ultraviolets.

Le spectre ultraviolet est assez long et s'étend en moyenne dans la lumière solaire, de la raie H ($\lambda = 0^{\mu}3977$) à la raie U ($\lambda = 0^{\mu}2948$) et

parfois un peu au-delà. Les spectres des métaux ont des radiations de longueur d'onde bien plus petite encore.

M. Deslandres, qui a photographié ce qui passe du spectre ultraviolet à travers divers écrans, a établi que le verre mince de 0^{mm}8 laisse passer toutes les radiations de longueur d'onde supérieure à 0^μ295 (l'exactitude de cette proposition doit d'ailleurs dépendre de la nature du verre). Or, la charge positive du cuivre ne se produit plus sensiblement, si les rayons issus de l'arc ont traversé une lame de verre de 0^{mm}8, les radiations qui agissent sur ce métal ont donc une longueur d'onde inférieure à 0^μ295. Cela explique la difficulté que l'on éprouve souvent à charger le cuivre sous l'influence de la lumière solaire. M. E. Becquerel a établi, en effet, que l'ultraviolet solaire, ou du moins la partie de cet ultraviolet qui peut traverser l'atmosphère terrestre, est très variable, et qu'une partie de ces radiations disparaît parfois brusquement sans cause connue.

Il faut donc un état atmosphérique favorable pour charger le cuivre au soleil. Certains autres métaux n'exigent pas des radiations aussi absorbables; et la charge de l'aluminium, par exemple, se produit très facilement au soleil.

D'autre part, on sait que les rayons dont la longueur d'onde est inférieure à 0^μ200 sont absorbés par une couche d'air de 2 à 3 centimètres à la pression ordinaire.

Ces rayons n'ont pas pu intervenir dans les expériences de charge qui ont toujours eu lieu à la pression atmosphérique et à une distance de l'arc supérieure à 20 centimètres.

On peut donc regarder comme très probable que les rayons efficaces dans la charge du *cuivre* sont les rayons ultraviolets de longueur d'onde comprise entre 0^μ225 et 0^μ300.

Le spectre actif varie d'ailleurs d'un métal à l'autre; l'aluminium n'exige pas des rayons d'aussi petite longueur d'onde; le zinc se charge très bien à la lumière visible, ainsi que le platine. Des expériences analogues à celles de Hertz montrent que les rayons efficaces pour la charge positive sont aussi susceptibles de réflexion et de réfraction.

RÉFLEXION. — Plaçons les deux plaques en expérience hors du faisceau lumineux, puis mettons dans ce faisceau une lame L capable de réfléchir la lumière, mais située de telle manière que les rayons qu'elle réfléchit ne tombent pas sur P; on ne constate pas de charge.

Il suffit alors de faire tourner le miroir de manière à envoyer la lumière sur P pour que la charge se produise.

RÉFRACTION. — Plaçons devant l'arc une fente étroite qui laisse juste passer un mince faisceau lumineux tombant sur le bord de la plaque P. La charge de P est alors plus lente que lorsque le faisceau lumineux est large, mais elle est très sensible encore si la lumière de l'arc est intense, et si P est assez près de l'arc (20 centimètres).

Après avoir bien constaté la charge, plaçons sur le trajet des rayons lumineux un prisme de sel gemme qui dévie le faisceau lumineux et le rejette hors de la plaque P ; l'ultraviolet, plus dévié encore, ne la rencontre plus, et l'on peut constater que P ne prend aucune charge. Déplaçons maintenant la plaque d'une quantité suffisante pour recevoir les rayons ultraviolets, la charge se produit de nouveau.

Les rayons efficaces ont donc bien toutes les propriétés de la lumière ultraviolette.

On peut remarquer que ce sont les mêmes radiations auxquelles les auteurs ont attribué la décharge négative, les courants photo-électriques et la diminution de distance explosive.

CHAPITRE VII

Influence de l'état de la surface et de la nature du métal.

Une plaque récemment polie se charge avec une vitesse beaucoup plus grande que lorsqu'elle n'a pas été polie depuis quelque temps. Une plaque neuve, telle qu'on la trouve dans le commerce, se charge avec une lenteur extrême.

Si l'on fait plusieurs expériences successives avec une même plaque de cuivre, c'est-à-dire si on la charge plusieurs fois de suite par l'action du champ électrique et de la lumière, à chaque nouvelle expérience la vitesse de charge augmente un peu.

Ce n'est qu'au bout d'un assez grand nombre d'expériences, que la plaque prend un état définitif ou permanent et que toutes les courbes de charge deviennent identiques.

D'autre part, une plaque polie qui, sans avoir été chargée, a subi un long éclaircissement par l'arc électrique, subit une variation de même nature; en sorte que l'on peut attribuer à l'action de la lumière cette modification permanente de la surface métallique qui la rend plus apte à recevoir une augmentation du potentiel; cette aptitude demeure ensuite acquise à la plaque, tout au moins pour le cuivre. En effet, nous avons repris une plaque de cuivre, qui avait servi autrefois à de nombreuses expériences, mais qui avait été abandonnée depuis deux ans, et qui, depuis ce temps, était demeurée à l'obscurité; cette plaque, remise en expérience, a donné des charges successives égales entre elles et rapides; elle avait gardé l'état modifié qu'elle avait acquis autrefois.

Pour qu'une plaque de cuivre soit très sensible à la lumière, c'est-à-dire pour qu'elle se charge rapidement, nous avons vu qu'il était bon qu'elle ait été récemment polie à l'émeri fin. Cependant, lorsqu'elle a servi longtemps, elle garde une sensibilité assez grande,

même si elle n'a pas été polie depuis plusieurs mois et bien qu'une couche d'oxyde très visible recouvre sa surface.

Il n'en est pas de même pour tous les métaux. L'aluminium et le zinc, par exemple, perdent très vite leur sensibilité et exigent de fréquents polissages.

L'oxydation de la surface supprime leur sensibilité. Comme, d'autre part, la durée de l'éclairement l'augmente, la vitesse de charge présente un maximum pour ces métaux.

Une plaque de zinc, par exemple, a reçu six charges successives la portant au même potentiel, dans les intervalles de temps suivants :

13^s 9^s 6^s 5^s 11^s 18^s

Après un nouveau polissage, les durées de charge nécessaires pour amener la plaque au même potentiel dans les mêmes conditions ont été les suivantes :

8^s 6^s 5^s 5^s 7^s

La vitesse de charge passe par un maximum vers la 3^e ou la 4^e expérience; de plus, une 2^e série d'expériences donne des résultats plus uniformes que la 1^{re}.

Ces résultats paraissent en désaccord avec certaines des expériences de MM. Ramsay et Spencer, qui ont étudié sous le nom de *fatigue du métal* une diminution de sensibilité de ce métal (pour la décharge négative sous l'influence de la lumière ultraviolette) et l'attribuent à une oxydation.

Mais leurs expériences ont été faites sur du magnésium, du zinc, de l'étain et de l'aluminium.

Le zinc devient moins sensible, en effet, au bout de deux ou trois minutes d'éclairement; et pour constater son accroissement de sensibilité, il faut opérer très rapidement pour les premières charges ou décharges. Au bout de cinq minutes, on ne peut plus constater que la diminution de sensibilité appelée « fatigue ».

Les tables de MM. Ramsay et Spencer sont relatives à de longues durées d'éclairement qui vont jusqu'à vingt-quatre heures.

J'ai constaté aussi cette « fatigue » pour l'étain et l'aluminium avec des durées d'éclairement suffisantes; le plomb la présente également, ces métaux perdent leur sensibilité en même temps que le brillant de

leur surface, mais cette diminution est *précédée d'une croissance* plus ou moins facile à saisir.

Pour le cuivre, l'augmentation de sensibilité est, au contraire, très visible, et cela tient à ce que l'oxyde qui se forme à sa surface, est presque aussi sensible que le métal.

NATURE DU MÉTAL. — Dans le cas de la décharge négative, les expérimentateurs ont constaté que l'action de la lumière variait beaucoup d'un métal à l'autre.

Il en est de même pour la charge positive ou négative, mais ici le phénomène se complique, car on n'a plus un seul conducteur qui se décharge, mais deux plaques dont l'action mutuelle peut dépendre à la fois des deux substances qui les constituent.

La vitesse de charge varie, en effet, pour une même plaque réceptrice lorsqu'on change la nature de la plaque agissante, c'est-à-dire la plaque à potentiel constant qui produit le champ, sans changer sa forme, sa position ni son potentiel.

Une plaque réceptrice en cuivre, par exemple, a une charge positive beaucoup plus rapide devant une autre plaque de cuivre, que si la plaque agissante est en fonte.

De nombreuses expériences ont été faites avec des plaques de divers métaux, en prenant, soit deux plaques du même métal, soit deux plaques de métaux différents. La charge est généralement plus rapide entre deux plaques de même métal qu'entre deux plaques de métaux différents; mais tandis qu'entre deux plaques de cuivre la charge positive est plus rapide que la charge négative, entre deux plaques de zinc, c'est l'inverse qui se produit.

Entre deux plaques de métaux différents, on constate souvent que la charge positive se produit mieux en prenant l'un des métaux pour plaque réceptrice, l'autre pour plaque agissante, qu'en inversant cet ordre. Dans ce cas, on a toujours une charge négative plus rapide en inversant.

Les courbes de charge obtenues en inversant le rôle des métaux sont parfois très écartées.

CONCLUSION

Dans le grand nombre d'expériences, personnelles ou non, rapportées ci-dessus, il peut sembler difficile de faire le départ de ce qui est nouveau et de ce qui, répété par nous sous des formes souvent très différentes de celles qui avaient été adoptées auparavant, peut être considéré comme déjà connu.

Il existe cependant trois ordres de faits importants dont on ne trouve aucune trace dans les travaux antérieurs. Ce sont :

1° La mise en lumière d'une *loi générale régissant le sens des échanges électriques apparents sous l'influence des radiations ultraviolettes*, loi qui permet de relier aux faits nouveaux que nous avons apportés les observations de nos devanciers.

2° La découverte d'une *limite de l'échange électrique* sous la même influence, qui permet de regarder un ensemble de corps électrisés comme un système en faux équilibre qui tend à se modifier dans le sens de la destruction partielle du faux équilibre quand il est exposé aux radiations ultraviolettes.

3° La différenciation fort nette, à l'aide de ces phénomènes de faux équilibres, de *l'effet des rayons ultraviolets de celui des causes nombreuses qui rendent l'air conducteur* et tendent à ramener le système électrisé à l'état naturel.

Indépendamment de ces points principaux, nous avons pu, en contrôlant les expériences anciennes, expliquer les divergences ou même les contradictions que présentent certains travaux de différents auteurs, et cela, en nous laissant guider par les propositions précédentes, déduites d'un ensemble méthodique de recherches, comprenant nécessairement la plupart des expériences antérieures.

L'historique placé au début de ce travail montre que seule la déperdition négative avait été étudiée à peu près complètement, encore les auteurs n'avaient-ils pas mis en lumière la nécessité et l'action du champ électrique créé autour de la plaque. Or ce champ a une très

grande importance, puisqu'il permet de provoquer l'arrêt, puis le renversement du phénomène.

La décharge positive nous offre le spectacle du désaccord le plus complet entre les expérimentateurs, les uns prétendant avoir constaté que la lumière décharge les corps électrisés positivement, les autres, et non les moins autorisés, affirmant que la lumière n'a aucune action sur ces corps.

Il peut sembler difficile de concilier deux affirmations aussi contradictoires, cependant nos expériences, faites un grand nombre de fois, en tenant compte d'éléments négligés à tort, nous ont permis d'établir que *la déperdition positive n'est qu'un phénomène secondaire provoqué par la charge positive de quelque autre corps éclairé*, et ceci montre bien la nécessité d'une vue générale de l'ensemble des phénomènes.

On peut donc observer une déperdition positive, ainsi que l'ont constaté M. Branly et M. Lénard. Cependant MM. Elster et Geitel avaient raison d'affirmer que la lumière ne produit pas la déperdition positive puisque la lumière seule, frappant une plaque électrisée positivement et placée loin de tout autre corps, ne la décharge pas.

La divergence des opinions de ces auteurs provient de ce que les premiers avaient placé le conducteur électrisé trop près de corps éclairés, susceptibles de prendre une charge positive, tandis que les autres avaient opéré loin de toute influence de cet ordre.

Avec les études sur la charge positive, nous entrons dans un domaine que nous pouvons considérer comme inexploré.

On trouve bien des expériences relatant une charge positive par l'action de la lumière ultraviolette, mais il s'agit là d'un phénomène minuscule, de charges atteignant à peine un potentiel de 2 volts, exigeant que les conducteurs en présence soient placés à de très petites distances, et souvent dans le vide.

Dans nos expériences, que nous sommes en droit de regarder comme absolument nouvelles, nous avons pu obtenir, à l'air libre et à des distances de plusieurs mètres, des potentiels de plusieurs centaines de volts, sous l'influence de la lumière solaire.

L'ordre de grandeur de ces charges et les circonstances de leur production, les différencient complètement des charges positives obtenues précédemment.

L'un des points que nous avons pris soin de mettre hors de doute,

c'est la *nécessité absolue du champ électrique*, pour la production du phénomène photo-électrique.

Parmi les expériences de charge positive à faible potentiel, il est nécessaire de citer celle de M. Righi, parce qu'elle est en désaccord avec la proposition précédente. Il nous a été facile de montrer qu'en l'absence de précautions spéciales nous obtenons aussi des charges de cet ordre, sur un conducteur placé en face d'une plaque mise au sol. Nous avons attribué cet effet au champ parasite créé par les objets environnants (fils conducteurs, lampe électrique, parois de la salle, etc.).

Nous ferons remarquer combien la discussion des expériences relatives à ces très faibles potentiels est ardue, et même impossible en l'absence d'une description complète de la salle d'expériences. Il nous semble que lorsqu'un effet observé se traduit par une variation de potentiel de 2 volts, on peut, le plus souvent, l'attribuer à un phénomène parasite.

Dans le même ordre d'idées, nous devons revenir sur un autre point: nombreuses sont les expériences dans lesquelles on met les conducteurs en contact avec des diélectriques tels que le verre ou la paraffine, ou dans le voisinage immédiat de ces corps.

Dans la plupart des cas, de telles expériences doivent être regardées comme dénuées de sens, car l'emploi de tels appareils a donné les résultats les plus singuliers, explicables seulement par une propriété que n'ont pas aperçue de nombreux expérimentateurs, nous voulons dire la facilité avec laquelle ces isolants prennent et rendent les charges électriques quand ils sont soumis à l'action de la lumière.

Ces deux points bien établis: 1^o l'influence insoupçonnée des *champs parasites*, 2^o l'intervention mal connue des *diélectriques éclairés*, expliquent en partie la diversité et souvent la divergence des résultats obtenus, et partant, l'absence de toute loi simple et générale reliant les divers faits.

C'est en élaguant fortement le sujet, en laissant de côté les expériences peu sûres, où le physicien ne s'était pas suffisamment mis à l'abri des causes d'incertitude que nous venons de signaler, en les répétant patiemment dans des conditions correctes, et complétant cette revision méthodique par nos expériences personnelles, que nous avons pu dégager la loi générale simple qui relie tous les phénomènes

photo-électriques, puisqu'elle les ramène à un seul : *l'accroissement de potentiel du corps éclairé placé dans un champ électrique convenable.*

Cette loi générale, que nous regardons comme le résultat le plus important de notre travail, peut s'énoncer ainsi :

Si certains corps frappés par des radiations ultraviolettes possèdent un potentiel moins élevé que d'autres corps environnants (éclairés ou non), pour que la différence des potentiels diminue ou tende à diminuer il faut, mais il ne suffit pas, que les corps à potentiel plus élevé envoient des lignes de force qui soient reçues par la face éclairée des premiers.

Cela peut encore s'énoncer ainsi :

Pour que la différence des potentiels diminue, il est nécessaire, mais non suffisant que la partie éclairée soit recouverte, au sein du système tel qu'il est disposé, d'une couche électrique négative de densité suffisante.

Cette loi est complétée et précisée par une autre qui nous semble, par son importance, augmenter l'intérêt de la première ; cette seconde loi est la suivante :

Le potentiel d'une plaque métallique placée dans un champ électrique donné et soumise à un éclairement donné n'augmente que jusqu'à une valeur maximum V , valeur toujours inférieure au niveau potentiel des corps placés en regard de la partie éclairée de la plaque.

De plus, si l'on porte artificiellement cette plaque à un potentiel V' supérieur à V , elle conserve ce potentiel V' .

Ces propositions peuvent encore s'énoncer ainsi :

La charge électrique portée par une plaque métallique éclairée n'augmente que si la face éclairée porte une couche d'électricité négative dont la densité surpasse, en valeur absolue, une certaine limite.

Si la densité de l'électricité distribuée sur la face éclairée de la plaque est négative, mais inférieure en valeur absolue à cette limite, ou bien encore si cette densité est positive ou nulle, la charge de la plaque demeure invariable.

Nous avons donc découvert l'existence, pour une plaque métallique éclairée et soumise à un champ électrique, d'états analogues aux faux équilibres.

Cette analogie de l'état des corps électrisés avec celui des systèmes

en faux équilibre nous conduit à signaler le lien qui semble exister entre les phénomènes d'échange apparent étudiés dans ce travail et l'étincelle électrique, celle-ci étant regardée comme un moyen de rupture brusque d'un faux équilibre correspondant à des différences de potentiel beaucoup plus grandes que celles que nous avons employées le plus souvent.

La distance explosive constitue une limite des faux équilibres, or cette limite est abaissée par l'action des rayons ultraviolets, et, fait extrêmement remarquable, les expériences qui présentent une clarté et une concordance suffisantes [celles de Hertz, de MM. Wiedemann et Ebert, de M. Swyngedauw⁽¹⁾] montrent que l'électrode que l'on doit éclairer est celle dont le potentiel est le moins élevé. Ainsi, pour la production de deux phénomènes certainement très différents, mais se traduisant par un effet de même sens (diminution de la différence de potentiel), apparaît la nécessité de l'éclairement du corps porté au plus bas potentiel.

On pourrait poursuivre la comparaison par l'étude des influences diverses qui peuvent intervenir dans l'un et l'autre phénomène et mettre en parallèle, à propos de la nature des électrodes, de leur forme et de l'état de leur surface, les résultats de nos expériences avec ceux des auteurs qui ont étudié l'étincelle disruptive⁽¹⁾.

Mais cela est moins important que le fait fondamental que nous venons de signaler.

Enfin, nous devons faire ressortir d'une manière toute spéciale l'intérêt que présentent les faits relatifs aux faux équilibres au point de vue d'une classification des causes qui produisent une diminution de la différence de potentiel entre deux corps électrisés.

Jusqu'ici toutes ces causes (rayons ultraviolets, rayons X, corps radioactifs, gaz issus des flammes), étaient regardées comme agissant d'une manière analogue ; or, il devient nécessaire de considérer deux catégories bien distinctes :

1^o *L'action de la lumière ultraviolette, qui transforme un état de faux équilibre en un autre état de **faux équilibre**.*

2^o *Toutes les autres actions, qui aboutissent à la décharge complète de tous les corps électrisés, c'est-à-dire au **véritable équilibre**.*

Il se dégage de cette distinction une conclusion qui nous semble

(1) Voir surtout les travaux de M. Swyngedauw (Historique, § I).

nécessaire : les explications, telles que l'ionisation des gaz, qui paraissent valables pour la deuxième catégorie, peuvent fort bien ne pas convenir aux faits dont l'étude expérimentale a fait l'objet du présent travail.

Vu et approuvé :

Bordeaux, le 29 novembre 1907.

LE DOYEN DE LA FACULTÉ DES SCIENCES,

Signé : H. PADÉ.

Vu et permis d'imprimer :

Bordeaux, le 30 novembre 1907.

LE RECTEUR DE L'ACADÉMIE DE BORDEAUX,

Signé : R. THAMIN.

TABLE DES CHAPITRES

	Pages.
HISTORIQUE	1
§ I. — Travaux relatifs à la décharge disruptive.	
§ II. — Travaux relatifs à la déperdition lente.	
§ III. — Travaux relatifs aux courants photo-électriques.	
§ IV. — Théories relatives aux effets électriques de la lumière.	

INTRODUCTION	23
------------------------	----

PREMIÈRE PARTIE

Conditions nécessaires à la production du Phénomène photo-électrique.

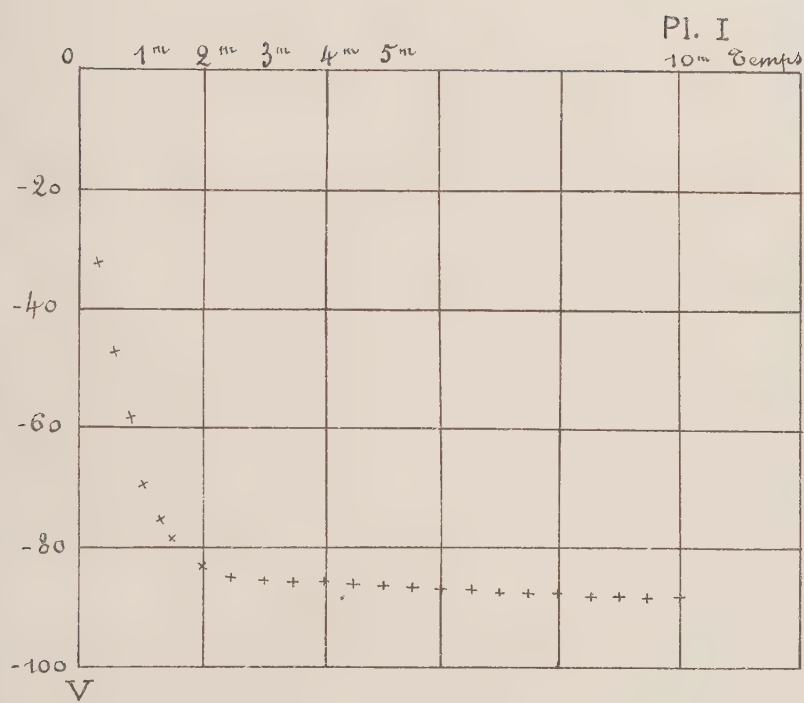
PRÉLIMINAIRES.	24
CHAPITRE PREMIER. — Arrêt et renversement du phénomène de déperdition négative par l'introduction d'un champ élec- trique convenable	30
§ I. — Arrêt de la déperdition négative.	
§ II. — Renversement du phénomène.	
CHAPITRE II. — Charge électrique positive produite sous l'in- fluence de la lumière ultraviolette.	38
§ I. — Étude de la charge positive à l'aide de l'électroscope.	
§ II. — Étude de la charge positive à l'aide de l'électromètre à décharges.	
CHAPITRE III. — Continuité du phénomène photo-électrique. — Passage de la charge positive à la décharge négative . .	47
CHAPITRE IV. — Nécessité de l'existence du champ électrique pour la production du phénomène.	51
§ I. — Expériences montrant la nécessité du champ.	
§ II. — Action des corps environnants.	
CHAPITRE V. — Influence de la valeur du champ sur le phéno- mène photo-électrique	55
§ I. — Influence de la valeur du champ sur la décharge négative.	
§ II. — Influence de la valeur du champ sur la charge positive.	
CHAPITRE VI. — Influence de l'éclairement	62

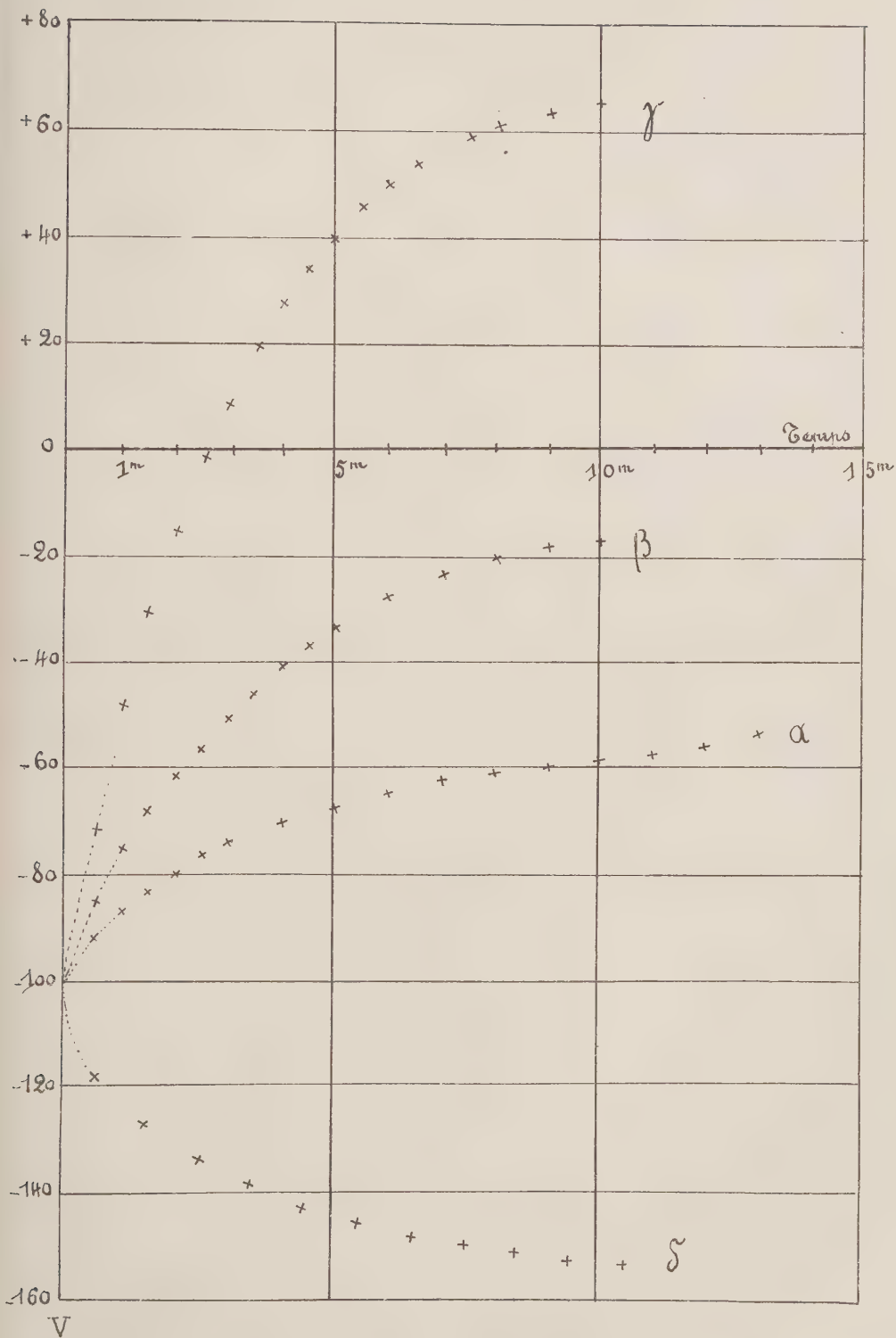
	Pages.
CHAPITRE VII. — Existence d'un potentiel maximum pour une plaque éclairée et placée dans des conditions déterminées.	66
§ I. — Étude du maximum de la charge positive à l'aide de l'électromètre à quadrants.	
§ II. — Étude de la limite de la charge positive lorsque la distance entre les plaques varie, le potentiel de la plaque agissante augmentant proportionnellement à la distance.	

DEUXIÈME PARTIE

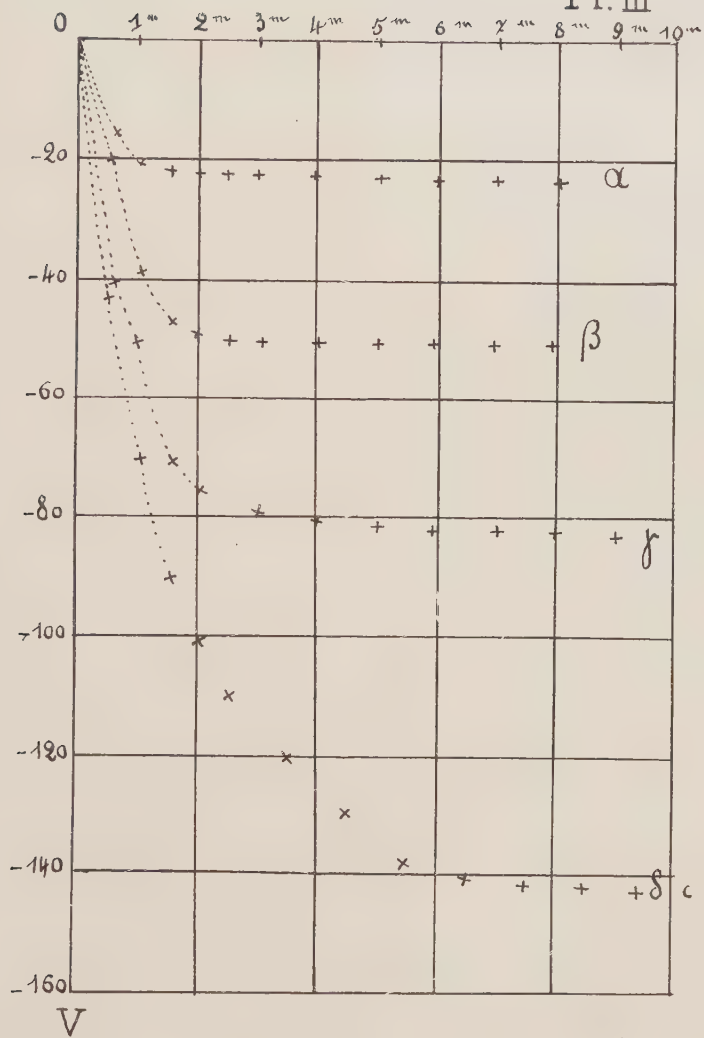
Equilibres et Région de Faux Equilibres.

CHAPITRE PREMIER. — Existence d'un état d'équilibre pour une plaque qui se charge positivement	71
CHAPITRE II. — Région de faux équilibres.	75
§ I. — Existence d'une région de faux équilibres.	
§ II. — Étude de la région de faux équilibres à l'aide de l'électromètre à quadrants.	
§ III. — Étude de la décharge positive d'une plaque.	
§ IV. — Étude des deux phénomènes corrélatifs et simultanés de charge et de décharge positive à l'aide de l'électromètre à quadrants.	
§ V. — Étude de la charge et de la décharge simultanées à l'aide de deux électroscopes à feuilles.	
CHAPITRE III. — Déplacement de l'équilibre	82
§ I. — Déplacement par variation du champ.	
§ II. — Déplacement par variation de l'éclairement.	
CHAPITRE IV. — Interposition d'écrans dans le champ électrique.	89
§ I. — Écrans métalliques.	
§ II. — Écrans diélectriques solides.	
CHAPITRE V. — Étude du phénomène secondaire.	93
§ I. — Étude de l'équilibre et des faux équilibres pour les plaques chargées négativement.	
§ II. — Étude simultanée de la charge négative et de la décharge négative.	
CHAPITRE VI. — Nature des radiations qui donnent naissance au phénomène photo-électrique.	96
CHAPITRE VII. — Influence de l'état de la surface et de la nature du métal	100
CONCLUSION	103

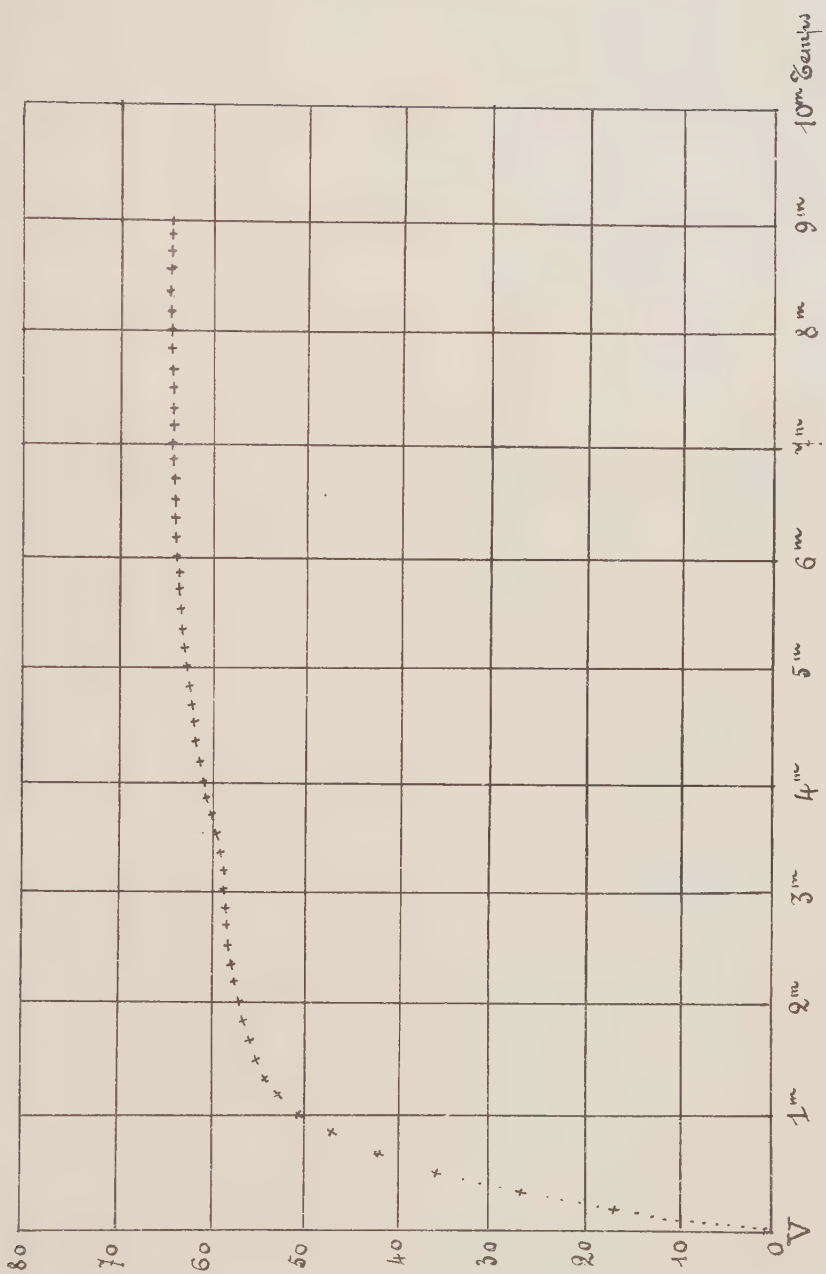


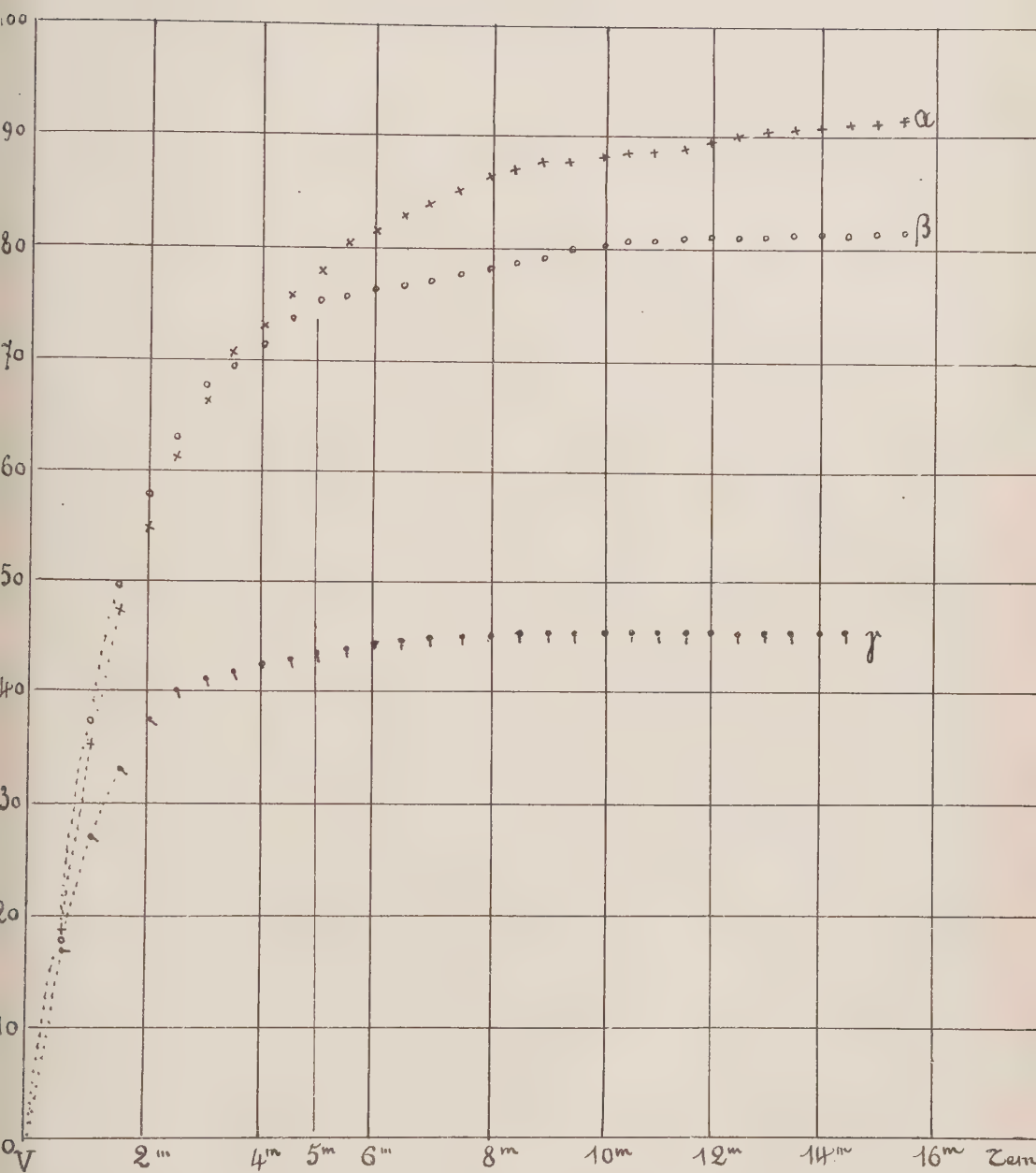


Pl. III

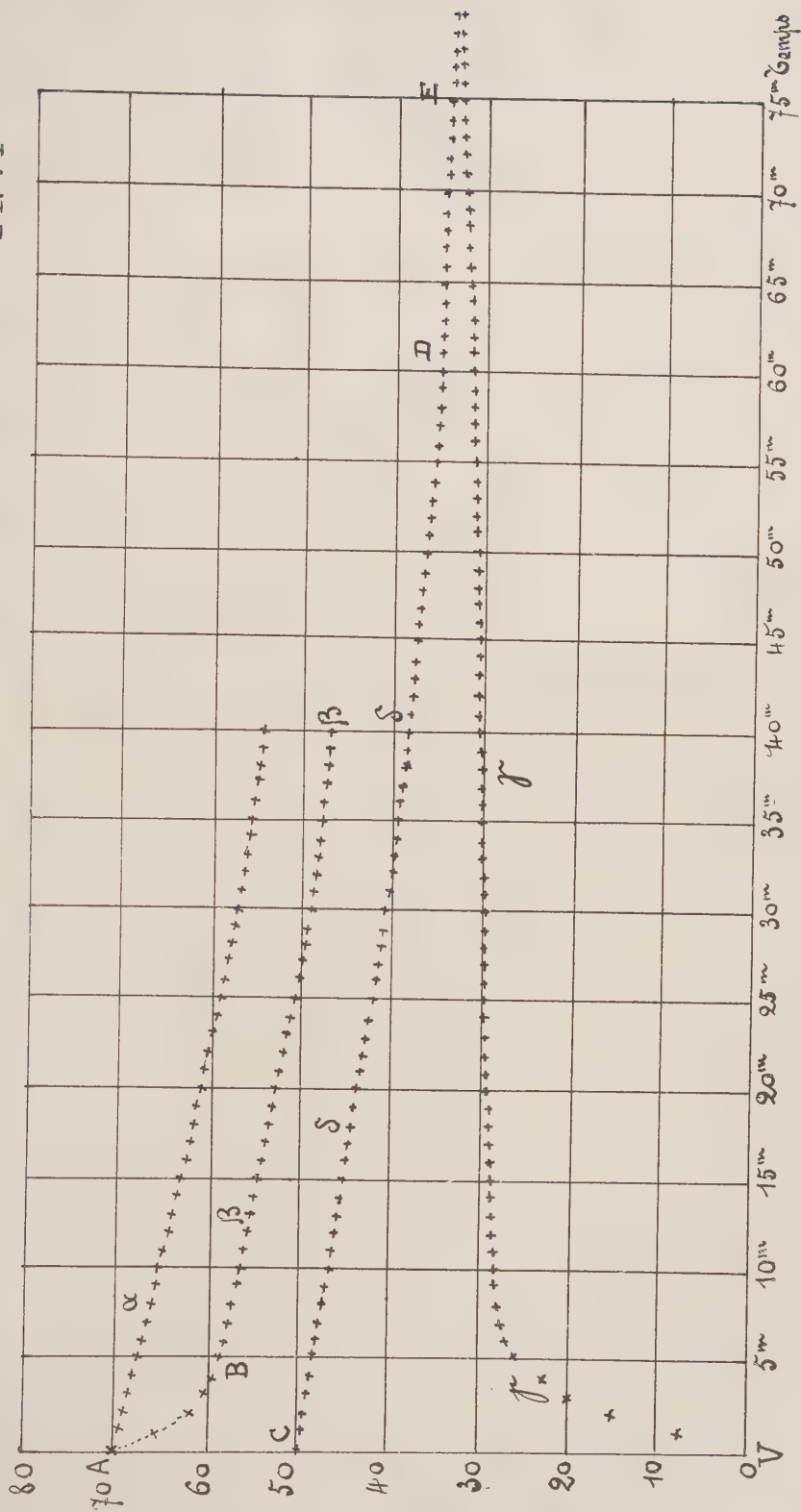


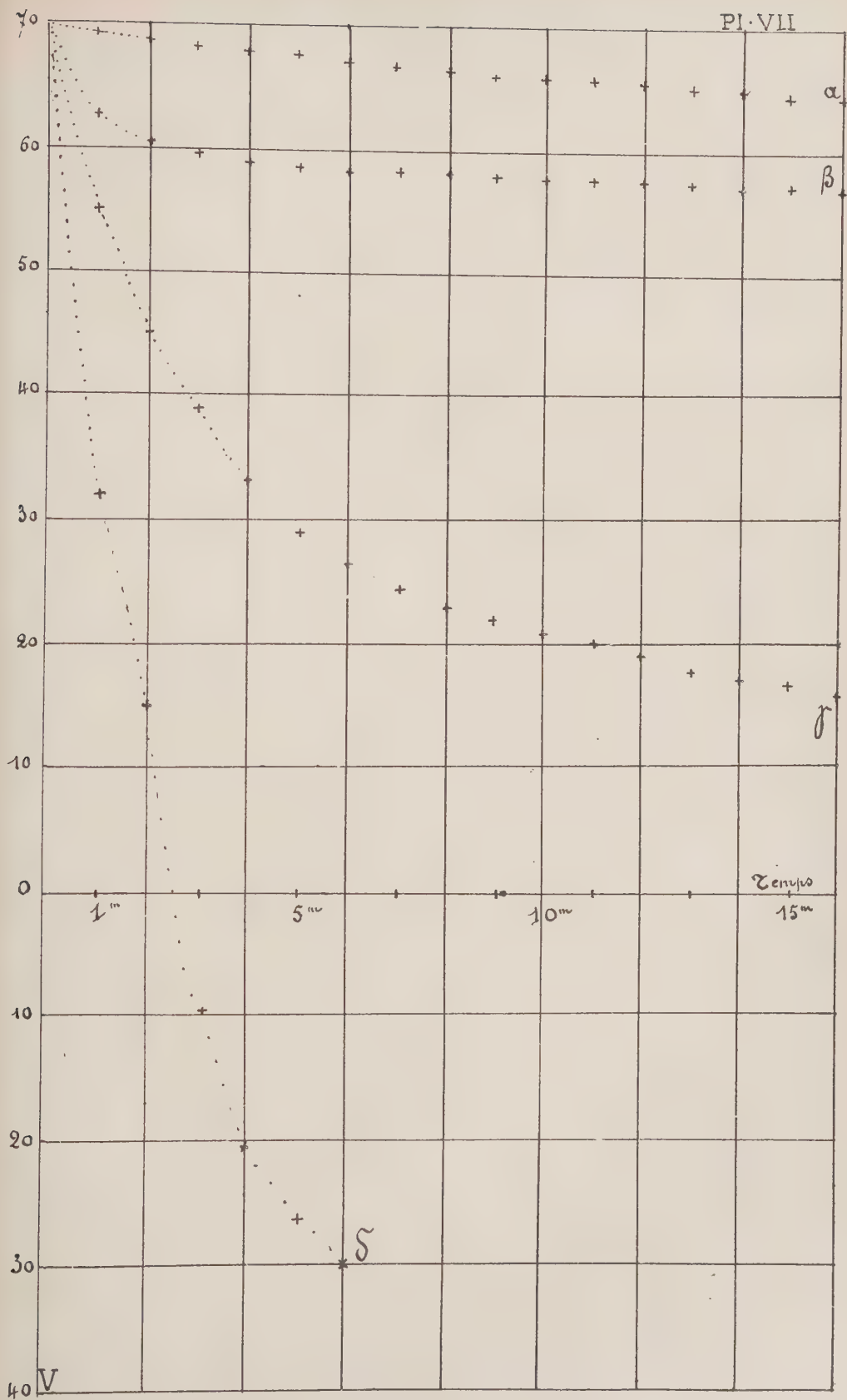
Pl IV

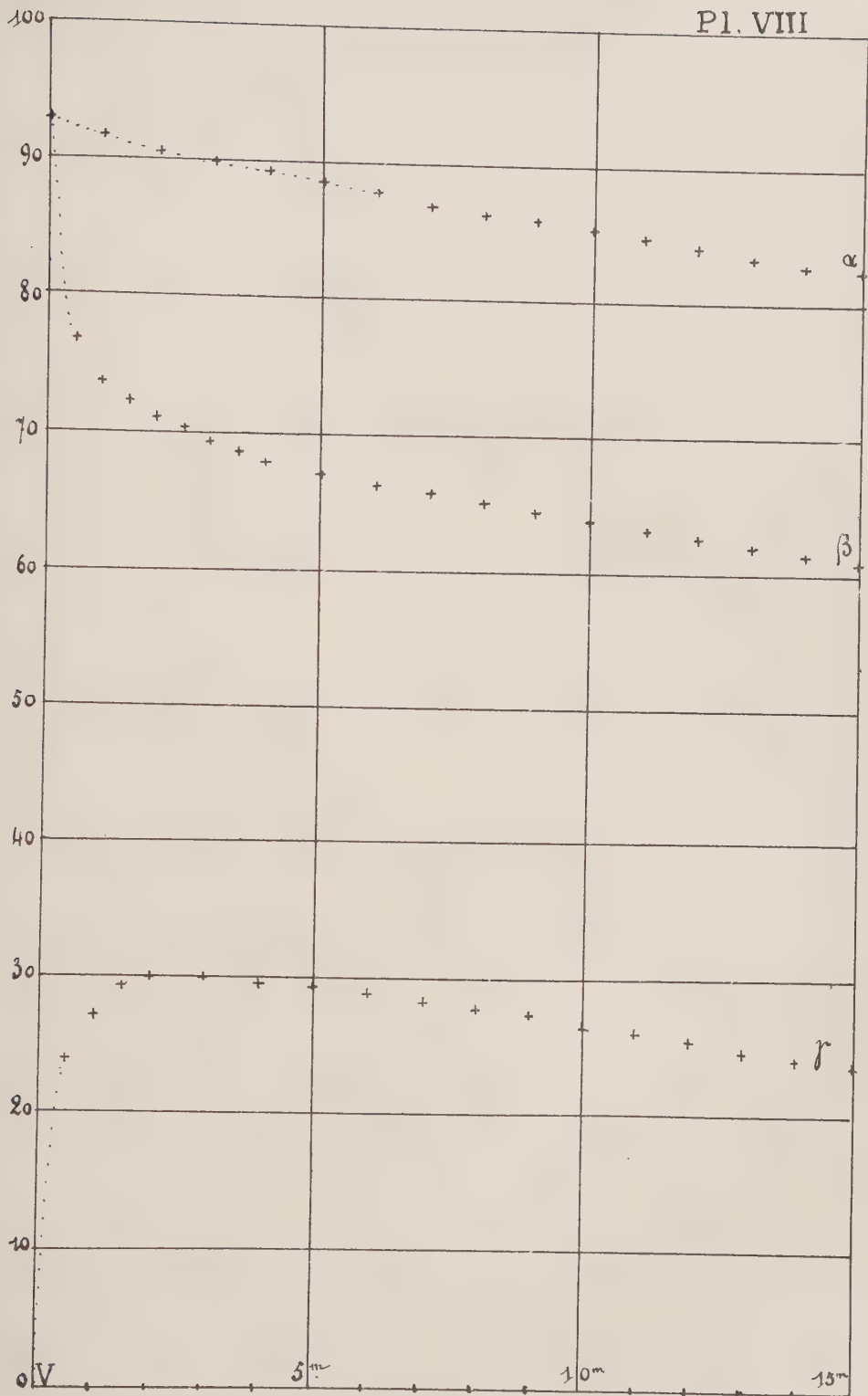




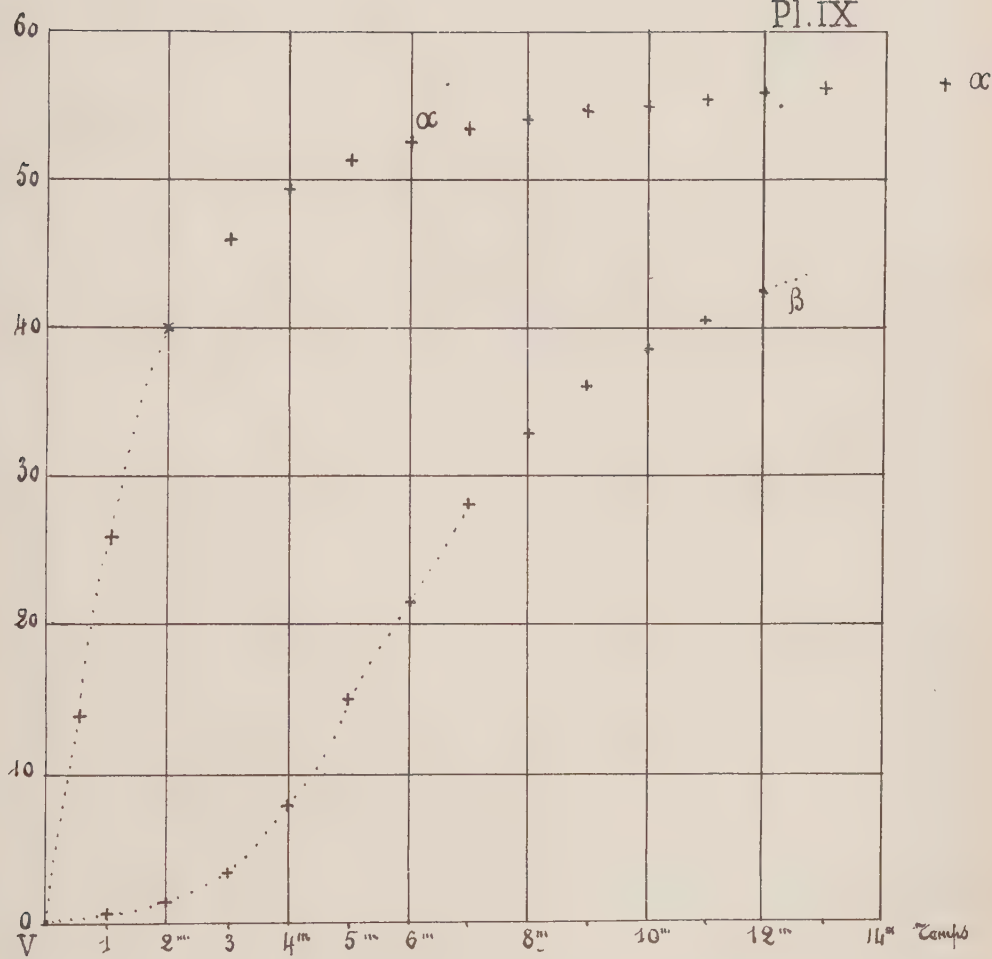
PL. VI



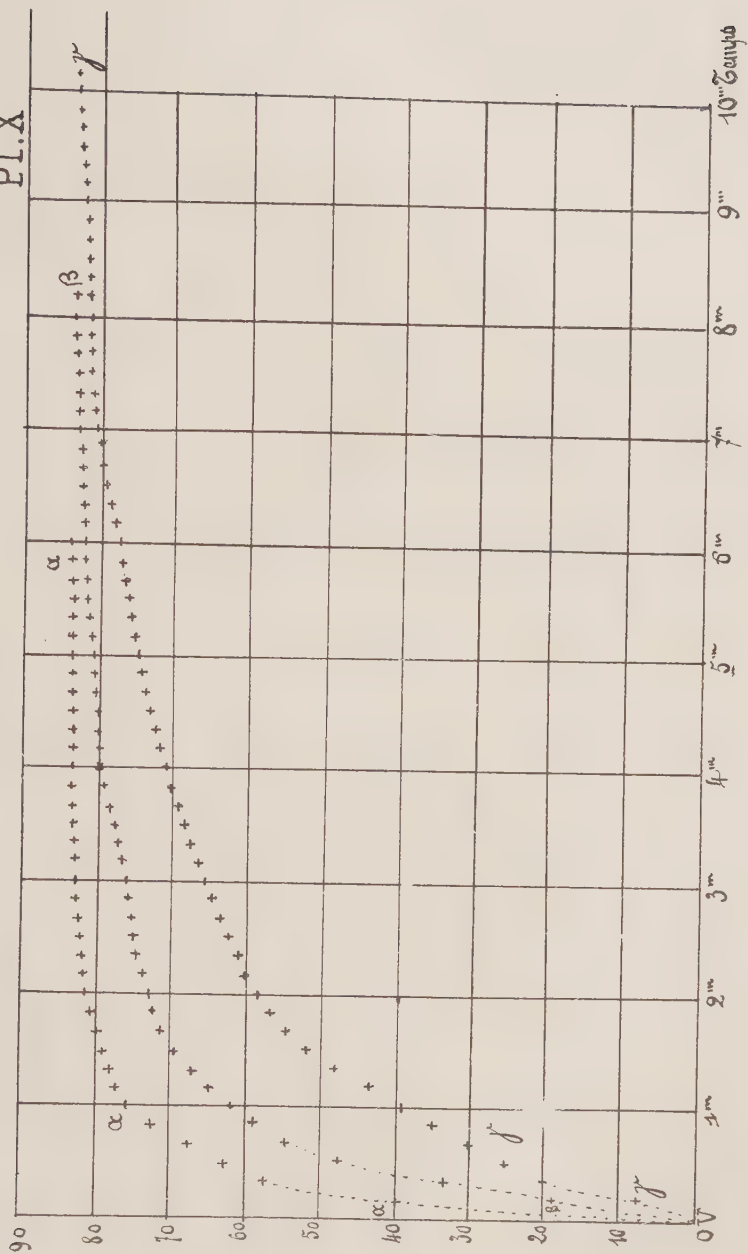




Pl. IX



Pl. X



SECONDE THÈSE

PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ

Isomorphisme.

Vu et approuvé :

Bordeaux, le 29 novembre 1907.

LE DOYEN DE LA FACULTÉ DES SCIENCES,

Signé : H. PADÉ.

Vu et permis d'imprimer :

Bordeaux, le 15 janvier 1908.

LE RECTEUR DE L'ACADÉMIE DE BORDEAUX,

Signé : R. THAMIN.



Bordeaux. — Imp. G. GOUNOUILHOU, rue Guiraud, 11.

